GRAĐEVINAR

2

ČASOPIS SAVEZA GRAĐEVNIH INŽENJERA I TEHNIČARA SR HRVATSKE

GODINA XIX

VELJAČA 1967



9591

»GRAĐEVINAR«

GOD. XIX BROJ 2

SADRŽAJ

SURADNICI
OLAKŠAJTE RAD REDAKCIJSKOM ODBORU i UREDNIKU

Ako želite da Vaš članak bude što prije objavljen, držite se uputa:

DVA PRIMJERKA tipkana na stroju potpuno spremna za štampu neophodno su potrebna; tipkanje PROREDOM sa slobodnim RUBOM 5 cm ŠIRINE s lijeve strane omogućuje unošenje potrebnih korektura na jasan i pregledan način,

CRTEŽI IZRAĐENI TUŠEM jedino mogu da se upotrebe za izradu klišeja; slova i brojke na crtežima moraju biti tako veliki, da nakon smanjenja na format lista (8 ond. 16,5 cm širine) budu najmanje 1 mm visoki; svi naknadni ispravci crteža idu na račun autori;

fotografije kontrasne na sjajnom papiru daju dobre klišeje;

popis crteža i slika s rednom numeracijom olakšava orijentaciju, pa se izbjegava zametanje; sve slike priložiti odvojeno od teksta;

jasno i koncizno izražavanje u duhu jezika olakšava čitanje i povećava razumljivost, a štedi i na skupocjenom prostoru u listu.

Svi se objavljeni radovi honoriraju po tarifi, originalne slike se računaju kao tekst.

Molimo autore da prilikom slanja rukopisa naznače potpunu adresu, broj žiro računa i nadležnu općinu.

RUKOPISI SE NE VRAČAJU, zadržite za sebe kopiju!

Časopis izdaje: Savez građevnih inženjera i tehničara SR Hrvatske, Zagreb, Berislavićeva ul. 6.

Glavni urednik: Prof. dr ing. Ervin Nonveiller

Tehnički urednik: Ante Nejašmić

Tek. rač. kod SDK 3071-8-331

Tisak štamparije »Vjesnik« Zagreb

»GRAĐEVINAR«

VOL. 19 2 — 1967.

Journal of the Society of Civil Engineers of Croatia

CONTENTS

»GRAĐEVINAR«

19-И ГОД ИЗДАНИЯ 2 — 1967.

СОДЕРЖАНИЕ

Godišnja pretplata: Za poduzeća N. Din 200 za prvi pretplatni primjerak, te N. Din 100 za svaki daljnji primjerak. Za ostale pretplatnike N. Din 30. Za đake i studente N. Din 12. Za inostranstvo N. Din 150.

Pojedini primjerci: Za DIT N. Din 1,50. Za poduzeća N. Din 20. Za ostale 3 N. Din.

Cijena oglasa: naslovna str. 3000. Omotne 2500. Unutarnje stranice: 1/1 — 2000, 1/2 — 1500, 1/4 — 1000 N. Din. Kod više uzastopnih oglasa dajemo popust, prema dogovoru.

GRAĐEVINAR

God. XIX Veljača 1967 Broj 2

VISOKE BRANE U JUGOSLAVIJI

Prof. Ing. Branislav Kujundžić, direktor Instituta za vodoprivredu »Jaroslav Černi«, Beograd

Izvanredno brzi razvoj privrede, a posebno industrije, koji je našu zemlju iz privredno zaostale, i pretežno poljoprivredne zemlje, doveo u red srednje industrijalizovanih zemalja sa izrazitom tendencijom daljnjeg brzog privrednog razvoja, postavio je, pored ostalih problema, u veoma oštroj formi i problem obezbeđenja potrebnih količina voda određenog kvaliteta. U cilju rešavanja ovog problema pristupilo se izgradnji niza velikih akumulacija koje omogućuju kompleksno iskorišćenje i zaštitu voda, kao i zaštitu od štetnog dejstva voda.

Naša zemlja spada u red zemalja bogatih vodama. Ukupna dužina reka dužih od 10 km iznosi 43.200 km, a ukupna dužina reka koje su duže od 100 km iznosi 5.600 km. Srednja vrednost ukupnog proticaja, sračunata za proticajne profile na državnim granicama (Dunav i Vardar) i ušćima reka u slivu Jadranskog mora, iznosi 6.550 m³/sek. Međutim, i pored ovakvog relativnog obilja u vodama, već se pojavljuju ozbiljne teškoće zbog nedovoljnih količina voda određenog kvaliteta, što se još pogoršava i zagađivanjem prirodnih vodotoka usled nagle industrijalizacije i urbanizacije. Stoga je sasvim razumljiv interes koji Jugoslavija pokazuje u pogledu izgradnje visokih brana, odnosno velikih vodnih akumulacija.

Relativno velika finansijska sredstva koja se ulažu u izgradnju visokih brana, kao i potencijalna opasnost od rušenja tih brana sa, po pravilu, teškim i često katastrofalnim posledicama, uslovili su potrebu razmene iskustava između stručnjaka koji se bave projektovanjem i građenjem visokih brana, što je dovelo i do stvaranja posebne organizacije, Međunarodne komisije za visoke brane (1928. godine) u Štokholmu. Od tada ta organizacija na međunarodnom planu podstiče i koordinira aktivnost na području istraživanja, projektovanja, građenja i održavanja visokih brana. U našoj zemlji formiran je Jugoslavenski nacionalni komitet za visoke brane, 1936, a obnovljen je 1948. godine.

Prema odluci Izvršnog odbora Međunarodne komisije za visoke brane na zasedanju u Njujorku 1958, izrađen je i objavljen svetski registar visokih brana. U našoj se zemlji registar jugoslovenskih visokih brana vodi, prema odluci Jugoslovenskog nacionalnog komiteta za visoke brane, u Institutu za vodoprivredu »Jaroslav Černi«. U okviru registra vode se osnovni podaci o svim branama koje se nalaze u korišćenju, kao i o branama u fazi građenja. Podaci se odnose na tip, visinu, dužinu i zapreminu brane, kao i na zapreminu i namenu akumulacije. Takođe se registruju naslovi korisnika, projektantske i izvođačke organizacije.[1]

Na kraju 1965. godine u našoj zemlji se nalazilo u korišćenju 60 visokih brana a 15 daljnjih nalazilo se u fazi građenja, što ukupno iznosi 75 visokih brana. Prema jednoj studiji, izrađenoj u Institutu za vodoprivredu »Jaroslav Černi«, broj visokih brana čija će se izgradnja realizovati u bliskoj perspektivi — iznosi oko 300, a broj visokih brana koje će se nužno morati podići u jednoj daljnjoj perspektivi kreće se na oko 1000.

Prema definiciji Međunarodne komisije za visoke brane pod pojmom »visoka brana« podrazumevaju se:

a. Sve brane čija je visina veća od 15 m, merena od najnižeg dela generalne površine temelja do krune brane

b. Brane čija je visina veća od 10 m ako ispunjavaju bar jedan od ovih uslova:
   - — dužina po kruni veća od 500 m,
   - — zapremina akumulacije veća od 100.000 m³
   - — kapacitet evakuacije velikih voda veći od 2.000 m³/sek,
   - — problemi fundiranja naročito teški,
   - — brane izuzetnih karakteristika.

U tabelama, sa podacima o jugoslovenskim visokim branama, u ovom članku su za pojedine tipove brana upotrebljene oznake usvojene od strane Međunarodne komisije za visoke brane, za tekstove na francuskom jeziku, i to:

T — zemljana
E — nasuta od kamena
P — gravitaciona (betonska)
F — kontraforsna
VM — višelučna
DM — brana sa više svodova dvojne krivine
VRC — lučna sa konstantnim poluprečnikom
VAC — lučna sa konstantnim uglom
C — kupolna.

[1] Radi kompletiranja podataka datih u tabeli 1, autor moli projektante, investitore i korisnike naših visokih brana da mu pismenim putem stave eventualne primedbe koje bi se odnosile na podatke iznete u tabeli, kao i da mu dostave one podatke koji u tabeli nedostaju.

Red. br.	Naziv visoke brane	Godina završetka	LOKACIJA: Vodni tok	LOKACIJA: Najbliži grad	LOKACIJA: Republika, Pokrajina, Područje	Tip	VISINA: Iznad najnižeg dela temelja (m)	VISINA: Od temelja do najniže tačke iskopa (m)	VISINA: Iznad tla (m)
1	Klinje	1898.	Musnice	Gacko	Bosna i Hercegovina	P	23	—	20
2	Fala	1918.	Drava	Maribor	Slovenija	P	33	—	21
3	Velika brana	1930.	Djetina	T. Uzice	Srbija	VRC	23	—	18
4	Grošnica	1935.	Grošnica	Kragujevac	Srbija	P	41	—	28
5	Matka	1938.	Treska	Skopje	Makedonija	VAC	30	—	25
6	Plave-Ajba	1939.	Soča	N. Gorica	Slovenija	P	28	—	14
7	Doblar	1939.	Soča	Tolmin	Slovenija	VAC	55	—	27
8	Dravograd	1943.	Drava	Maribor	Slovenija	P	16	—	10
9	Mariborski otok	1948.	Drava	Maribor	Slovenija	P	32	—	—
10	Vlasina	1949.	Vlasina	Surdulica	Srbija	T	34	4	29
11	Aranđelovac II	1949.	Veliki potok	Aranđelovac	Srbija	T	19,5	—	17,0
12	Sokolovica	1949.	Timok	Zaječar	Srbija	P	17,5	—	16,0
13	Moste	1952.	Sava	Jesenice	Slovenija	P	51	—	40
14	Aranđelovac I	1952.	Duboki potok	Aranđelovac	Srbija	T	22	—	16
15	Ovčar banja	1952.	Zapadna Morava	Ovčar Banja	Srbija	P / T	26,75	—	20,5
16	Vrla II	1953.	Vrla	Surdulica	Srbija	E	26	—	22
17	Međuvršje	1953.	Zapadna Morava	Čačak	Srbija	P	31	—	27
18	Jablanica	1954.	Neretva	Jablanica	Bosna i Hercegovina	VAC	85	—	75
19	Jajce II	1954.	Vrbas	Jajce	Bosna i Hercegovina	P	26	—	24
20	Vuzenica	1954.	Drava	Maribor	Slovenija	P	32	—	14
21	Mavrovo	1955.	Radika	Gostivar	Makedonija	T	62	—	57
22	Zvornik	1955.	Drina	Zvornik	Srbija	P	35	—	27
23	Medvode	1955.	Sava	Ljubljana	Slovenija	P	29	—	17,5
24	Slivlje[1]	1956.		Nikšić	Crna Gora	VRC	16	—	12
25	Bajer	1956.	Ličanka	Fužine	Hrvatska	P	15	—	10
26	Lokvarka	1956.	Lokvarka	Fužine	Hrvatska	P	51	—	48
27	Liverovići	1957.	Gračanica	Nikšić	Crna Gora	VAC	45	—	31
28	Vuhred	1957.	Drava	Maribor	Slovenija	P	30	—	17
29	Krupac	1958.	Moštanica	Nikšić	Crna Gora	T	16	—	16
30	Peruča	1958.	Cetina	Sinj	Hrvatsks	E	63	—	60
31	Grahovo	1958.	Grahovska reka	Grahovo	Crna Gora	E	29	—	27
32	Lipkovo	1958.	Lipkovka	Kumanovo	Makedonija	VRC	38	—	31
33	Rastovača	1959.	Ričina	Mostar	Hercegovina	VM	19	—	14
34	Briještica	1959.	Briještica	Tuzla	Bosna i Hercegovina	T	17	—	15,0
35	Gradče	1959.	Kočanska reka	Kočani	Makedonija	VRC	43	—	29

Tabela 1

Dužina po kruni	Zapremina brane (10^3 m^3)	Ukupna zapremina akumulacije (10^6 m^3)	Namena	Instalisana snaga	Korisnik	Projektantska organizacija	Izvođačka organizacija
142	—	1,7	I	—	SO Gacko		
100	—	17,0	H	34,8	Elektrarna Fala		
33	—	—	H	0,4	SO Užice	J. M. Voilt, St. Polten, Nemačka	
—	—	4,0	DE, E, UI	—	SO Kragujevac		
—	—	3,0	H	—	Elektrostopanstvo	Projektni biro - Pećinar	
72	—	1,6	H	20,0	Soške elektrarne, Nova Gorica	Sade, Venecija	
56	—	9,0	H	33,0	Soške elektrarne, Nova Gorica	Sade, Venecija	
—	—	7,5	H	22,2	Elektrarna Dravograd		
87,8	—	4,3	H	54,0		Elektroprojekt, Ljubljana	Gradis, Ljubljana
239	365,0	165,0	H	24,8	HE Vlasina, Surdulica	Energoprojekt, Beograd	Hidrotehnika, Beograd
69,4	29	0,18	UI	—	Fabrika elektroporcelana, Aranđelovac	Energoprojekt, Beograd	G. P. Aranđelovac
93,4	14,6	1,14	H	2,8	Elektrotimok, Zaječar	Energoprojekt, Beograd	Hidrotehnika, Beograd
—	25,6	6,89	H	22,5	HE Moste, Žirovnica	Elektroprojekt, Ljubljana	
148	50,0	0,2	UI	—	Fabrika elektroporcelana, Aranđelovac		
150	25	3	H	7	Elektromorava, Čačak	Energoprojekt, Beograd	Hidrogradnja, Čačak
70	104,0	0,1	H	11,1	HE Vlasina, Surdulica	Energoprojekt, Beograd	Hidrotehnika, Beograd
190	38,4	18,5	H	6,9	Elektromorava, Čačak	Energoprojekt, Beograd	Hidrotehnika, Beograd
210	130,0	318,0	H	144,0	Hidroelektrane na Neretvi, Mostar		
80	22,0	2,0	H	27,0	Elektrovrbas, Jajce	Energoinvest, Sarajevo	Hidrogradnja, Sarajevo
87,8	101	3,6	H	54,0		Elektroprojekt, Ljubljana	Gradis, Ljubljana
210	705,0	354,0	H	150,0	HE Mavrovo, Gostivar	Energoprojekt, Beograd	G. P. »Mavrovo«
260	316,0	89,0	H	84,0	Hidroelektrane na Drini, Zvornik	Energoprojekt, Beograd	Hidrotehnika, Beograd
130	54	7	H	22	Savske elektrarne, Ljubljana	Elektroprojekt, Ljubljana	»Gradis«, Ljubljana
157	2,8	52,4	H	216,0	HE Gornja Zeta, Nikšić	Energoprojekt, Beograd	G. P. »Crna Gora«, Nikšić
105	7,0	1,4	H	84,0	HE Nikola Tesla, Tribalj	Elektroprojekt, Zagreb	Hidroelektra, Zagreb
276	673,0	32,0	H	3,9	HE Nikola Tesla, Tribalj	Elektroprojekt, Zagreb	Hidroelektra, Zagreb
111	29,8	9,2	UI, H (V. No. 24)		HE Gornja Zeta, Nikšić	Elektroprojekt, Zagreb	G. P. »Crna Gora«, Nikšić
—	86,3	5,0	H	60,0		Elektroprojekt, Ljubljana	Gradis, Ljubljana
1480	313,0	36,0	H (V. No. 24)		HE Gornja Zeta, Nikšić	Energoprojekt, Beograd	G. P. »Crna Gora«, Nikšić
420	802,0	520,0	H	44,0	Hidroelektr. »Peruča«, Sinj	Elektroprojekt, Zagreb	G. P. »Konstruktor«, Split
177	29,0	1,4	IDC	—	SO Grahovo		
136	12,5	1,8	I	—	SO Kumanovo	Hidroprojekat, Beograd	Hidrogradnja, Sarajevo
200	—	25,0	I	—	SO Posušje	Zavod za građevinarstvo, Beograd	
61	20	0,17	UI	—	Rudnici uglja »Tito«, Banovići	Energoinvest, Sarajevo	»Tehnika«, Tuzla
145	11,0	2,2	I	—	Vodna zajednica, Kočani	Hidroelektroprojekt Skopje	

Red. br.	Naziv visoke brane	Godina završetka	LOKACIJA: Vodni tok	Najbliži grad	Republika, Pokrajina, Područje	Tip	VISINA: Iznad najnižeg dela temelja (m)	Od temelja do najniže tačke iskopa (m)	Iznad tla (m)
36	Čitluk	1959.	Zukoč	Mostar	Bosna i Hercegovina	VM	22	—	14
37	Idbar	1959.	Idbar	Konjic	Bosna i Hercegovina	VAC	38	—	28
38	Batlava	1959.	Lab	Priština	Srbija	E	41	—	36
39	Radojna	1959.	Uvac	N. Varoš	Srbija	E	42	—	33
40	Brestovačka reka	1959.	Brestovačka reka	Bor	Srbija	E	53	—	50
41	Bukovnik	1959.	Ogulinska Dobra	Ogulin	Hrvatska	P	18	—	8,4
42	Sabljaki	1959.	Zagorska Mrežnica	Ogulin	Hrvatska	E / P	14	—	8,0
43	Otavica	1960.	Otavica	T. Veles	Makedonija	VAC	34	—	29
44	Sase	1960.	Saska rijeka	Srebrenica	Bosna i Hercegovina	T	33	—	28,0
45	Kokin Brod	1961.	Uvac	N. Varoš	Srbija	E	82	—	81
46	Prančevići	1961.	Cetina	Split	Hrvatska	P	34	—	26
47	Ožbalt	1961.	Drava	Maribor	Slovenija	P	28	—	18
48	Vrtac	1962.	Zeta	Nikšić	Crna Gora	T	17	—	16
49	Alagovac	1963.	Alagovci	Nevesinje	Bosna i Hercegovina	T	22,85	—	13,85
50	Nova Grošnica[2]	1963.	Grošnica	Kragujevac	Srbija	P	50	—	37
51	Modrac	1964.	Spreča	Tuzla	Bosna i Hercegovina	VM	30	—	25,0
52	Vanganel	1964.	Vanganel	Koper	Slovenija	T / E	21,3	—	16,8
53	Bukulja	1964.	Velika Bukulja	Aranđelovac	Srbija	T	30,5	—	24,0
54	Globočica	1965.	Crni Drim	Struga	Makedonija	E	96	—	82,5
55	Gorica	1965.	Trebišnjica	Trebinje	Bosna i Hercegovina	P	33,5	—	30,0
56	Slano	1965.	Opačica Sliv zete	Nikšić	Crna Gora	T	24,2	—	16,47
57	Prilep	1965.	Pešterica	Prilep	Makedonija	VM	39	—	31,5
58	Gračanka	1965.	Gračanka	Priština	Srbija	E	53,7	—	46,7
59	Vodoča	1965.	Vodoča	Strumica	Makedonija	T	48,6	—	44
60	Lukar	1965.	Lukarski potok	Smederevo	Srbija	T	12,1	—	11,1

Tabela 1 nastavak

Dužina po kruni	Zapremina brane (10³ m³)	Ukupna zapremina akumulacije (10⁶ m³)	Namena	Instalisana snaga	Korisnik	Projektantska organizacija	Izvođačka organizacija
128	—	5,5	I	—	SO Čitluk	Zavod za građevinarstvo, Beograd	G. P. Hercegovina, Mostar
102	7,6	1,8	DC	—	Hidroelektrane na Neretvi, Mostar	Institut za Vodoprivredu »Jaroslav Černi«, Beograd	Ž. G. P. br. 1, Sarajevo
244	268,0	30,0	UI	—	Rudnici lignita, Oblić	Energoprojekt, Beograd	
361	150,0	7,0	H	104,0		Energoprojekt, Beograd	Hidrotehnika, Beograd
310	285,0	12,5	UI	—	Rudnik, Bor	Hidroprojekat, Beograd	
47	1	0,24	H	48	Hidroelektrana Gojak, Ogulin	Elektroprojekt, Zagreb	Hidroelektra, Zagreb
384,6	14,5	4	H	48	Hidroelektrana Gojak, Ogulin	Elektroprojekt, Zagreb	Hidroelektra, Zagreb
—	7,0	—	I	—	SO Titov Veles	Energoprojekt, Beograd	
182	140	0,5	DC, UI, SE	—	Rudnik olova i cinka, Srebrenica	Projektantski zavod metalurgije, Beograd	Hidrogradnja, Sarajevo
1227	2303,0	250,0	H	20,4		Energoprojekt, Beograd	Hidrotehnika, Beograd
148	42,0	6,8	H	212,0	Hidroelektrana »Zakučac«, Omiš	Elektroprojekt, Zagreb	Hidroelektra, Zagreb
125	—	13,0	H	60,0		Elektroprojekt, Ljubljana	
2386	585,0	137,0	H (V. No. 24)		HE Gornja Zeta, Nikšić	Energoprojekt, Beograd	
230	113	3,6	DE, I	—	SO Nevesinje, Nevesinje	»Projektant«, Mostar	»Bišina«, Nevesinje »Planum«, Zemun
182	71,5	3,5	DE, UI	—	Vodovod, Kragujevac	Institut za građevinarstvo, Beograd	G. P. »Ratko Mitrović«, Beograd
204	19	165	UI	—	Vodoprivredno preduzeće, »Spreča«	Institut za građevinarstvo, Beograd	»Tehnika«, Tuzla
130,2	46,7	0,23	I	—	Kmetijska zadruga, Koper	Projekt niske zgradbe, Ljubljana	Vodna skupnost, Koper
120	90	1,15	DE	—	Komunalno preduzeće, Aranđelovac	Institut za građevinarstvo Građ. fakulteta, Beograd	»Partizanski put«, Beograd
195	1012	58	IH	42	Elektrostopanstvo, Skopje	Energoprojekt, Beograd	G. P. Mavrovo, Skopje
184	42	156	H,I	15	Hidroelektrane na Trebišnjici	Energoinvest, Sarajevo	Hidrogradnja, Sarajevo
1630	800	112	H	—	HE »Gornja Zeta« Nikšić	Agroprojekt, Beograd	»Crna Gora«, Nikšić
406,5	27	5,5	I	—	Tutunov kombinat, Prilep	G. p. Pelagonija«, Skopje	Pelagonija, Skopje
248	702	31,6	DE, UI, I, DC, H, R	1,5	Hidromelioracioni sistem »Gračanka« i SO Priština	Agroprojekt, Beograd	G. P. Hidrotehnika, Beograd
—	325	26,7	I	—	Vodostopansko pretprijatie, Strumica	Melioprojekt, Skopje	G. P. Granit, Skopje
163	43	0,57	I	—	SO Saraorci	Dunavsko-Moravska Vodna zajednica, Smederevo	Dunavsko-Moravska vodna zajednica, Smederevo

¹) Snaga u MW zajedno sa akumulacijama pod br. 27, 29 i 46.
²) Brana Grošnica (v. br. 4) je povišena primenom prednaprezanja. Povišena brana nosi ime Nova Gorica.

Red. br.	Naziv visoke brane	Godina završetka	LOKACIJA Vodni tok	Najbliži grad	Republika, Pokrajina, Područje	Tip	VISINA Iznad najnižeg dela temelja (m)	Od temelja do najniže tačke iskopa (m)	Iznad tla (m)
1	Đerdap	E. C.	Dunav	Kladovo (J) Turn Severin (R)	Jugoslavija Rumunija	P/T	55,4	—	41,4
2	Tikveš	E. C.	Crna Reka	Kavadarci	Makedonija	E	113,5	—	105
3	Grančarevo	E. C.	Trebišnjica	Trebinje	Bosna i Hercegovina	V	123	—	103
4	Rama	E. C.	Rama	Prozor	Bosna i Hercegovina	E	100	—	96
5	Valići	E. C.	Riječina	Rijeka	Hrvatska	P	36	—	31
6	Sklope	E. C.	Lika	Gospić	Hrvatska	E	81	—	77
7	Glažnja	E. C.	Lipkovka	Kumanovo	Makedonija	V	80,0	—	72,0
8	Melje	E. C.	Drava	Maribor	Slovenija	F	16,5	—	8,5
9	Hazna	E. C.	Hazna	Gradačac	Bosna i Hercegovina	T	22,7	—	19,2
10	Špilje	E. C.	Crni Drim	Debar	Makedonija	T	111	—	102
11	Kalimanci	E. C.	Bregalnica	Kočani	Makedonija	E	95	—	85
12	Bajina Bašta	E. C.	Drina	Bajina Bašta	Srbija	F	89,8	—	79,4
13	Potpeć	E. C.	Lim	Priboj	Srbija	P	46	—	42
14	»Spomen park« Kragujevac	E. C.	Staroselski Potok	Kragujevac	Srbija	T	21,0	—	19,5
15	Velika Dičina	E. C.	Gornja Dičina	Gornji Milanovac	Srbija	E	19,5	—	15,0

Isto tako za namene akumulacija usvojene su takođe oznake Međunarodne komisije za visoke brane za tekstove na francuskom jeziku, i to:

I — navodnjavanje
H — proizvodnja hidroelektrične energije
DC — zaštita od velikih voda
N — plovidba
DE — snabdevanje vodom
UI — industrijske potrebe
R — rekreacija
SE — čuvanje (skladištenje) vode
BF — splavarenje.

U tabeli 1 prikazani su osnovni podaci jugoslovenskih visokih brana koje su bile izgrađene i predate na korišćenje do 31. 12. 1965. godine. Podaci o korisnicima i projektantskim i izvođačkim organizacijama omogućavaju direktno povezivanje interesenata radi dobijanja detaljnijih podataka.

Od ukupno 60 izgrađenih visokih brana 22 su gravitacionog tipa (betonske), 14 su lučne i višelučne, a 24 su nasute, zemljane ili kamene.

Iz tabele 1 se vidi da tempo izgradnje visokih brana u našoj zemlji raste tokom godina. U prošlom veku u Jugoslaviji je bila izgrađena samo jedna visoka brana. U periodu do 1945, odnosno do završetka drugog svetskog rata, bilo je izgrađeno samo 8 visokih brana. Ostale 52 visoke brane izgrađene su u periodu posle oslobođenja, kada je u našoj zemlji počeo burni privredni i opštedruštveni razvoj. Samo u periodu 1964—1965. izgrađeno je 10 visokih brana.

Pored izgrađenih 60 visokih brana, na dan 31. decembra 1965. nalazilo se u građenju još 15 visokih brana. Osnovni podaci o ovim branama dati su u tabeli 2.

Pored navedenih 75 visokih brana, koje su izgrađene ili se nalaze u fazi građenja, za daljnjih 30 visokih brana izrađeni su projekti. Pregled brana u fazi projektovanja dat je u tabeli 3.

U tabeli 4 data je analiza jugoslovenskih visokih brana prema tipu i visini, pri čemu su uzete u obzir i brane koje se nalaze u građenju. Kao što se vidi, betonske brane raznih tipova zastupljene su sa 57,3%, a nasute sa 42,7%.

Tabela 2

Dužina po kruni	Zapremina brane (10^3 m^3)	Ukupna zapremina akumulacije (10^6 m^3)	Namena	Instalisana snaga (MW)	Korisnik	Projektantska organizacija	Izvođačka organizacija
1278	2670	2370	H, N	2050	Jugel (J)	Energoprojekt	Jugoinvest (J)
338	2660	440	I, H	48	Meliorativen sistem, »Tikveš« i elektroprivredna zajednica Makedonije	Energoprojekt	Konstruktor Tunelogradnja Geološki zavod
349	376	1280	H, I, DC	162	Hidroelekrane na Trebišnjici	Energoinvest	Hidrogradnja
229,7	1340	487	H	160	Hidroelektrane na Neretvi	Energoinvest	Hidrogradnja
171	25	0,5	H	36	Kvarnerske elektrane	Energoprojekt	Hidroelektra
215	800	142	H	—	Hidroelektrana Senj	Elektroprojekt i Geoexpert	Tehnogradnje
321,5	146	24	I, H, DC	1,87	Meliorativni sistem »Lipkovo«	Hidroelektroprojekt	Mavrovo
133,5	23	4,5	H	136	Dravske elektrane	Ibe elektroprojekt	Tehnogradnje
148	52	0,71	DC, UO	—	So Gradačac	Sekcija za bujice	Vodoprivredno preduzeće »Sava«
299	2700	520	H	70	Elektrostopanstvo	Hidroelektroprojekt	GP Mavrovo
232	1415	120	I, H, DC	12	Meliorativen sistem »Bregalnica«	Energoprojekt Melioprojekt	Hidrotehnika Geoistrage
461	1700	340	H, DC	336	Zeps	Energoprojekt	Hidrotehnika
215,5	105	44	H	52	Zeps	Energoprojekt	Hidrotehnika
220	70	0,77	R, I	—	»Spomen park« Kragujevac	Direkcija za uređenje sliva V. Morave	Moravsko-Šumadijsko Vodna zajednica
125	25	0,33	I, DC	—	Zemljoradnička zadruga »Ozrenica«	So Gornji Milanovac	So Gornji Milanovac

Tabela 4

Tip brane	Broj	% učešća
Betonske gravitacione	26	34,7
Betonske olakšane	1	1,3
Lučne	12	16
Višelučne	4	5,3
Nasute zemljane	17	22,7
Nasute kamene	15	20

Poslednjih godina oseća se izvestan brži porast broja nasutih visokih brana.

U tabeli 5 dat je pregled jugoslovenskih visokih brana prema tipu i visini.

Tabela 5

Tip brane	Visina Do 30 m	30—100 m	Preko 100 m
Betonske gravitacione	14	12	—
Betonske olakšane	—	1	—
Lučne	3	8	1
Višelučne	3	1	—
Nasute zemljane	11	5	1
Nasute kamene	4	9	2
Ukupno:	35	36	4

Najviša jugoslovenska brana je lučna brana Grančarevo — 123 m, a posle nje dolaze nasute brane: Tikveš — 113,5 m, Špilje — 111 m i Rama — 100 m. U fazi projektovanja nalazi se 12 brana čije će visine biti veće od 100 m, kao i dve brane sa visinom preko 200 m. To su Mratinje — 215 m i Kondila — 200 m.

Što se tiče veličine akumulacija, najveću akumulaciju stvara visoka brana Đerdap sa 2730 × 10^6 m^3, a nju sledi Grančarevo sa 1280 × 10^6 m^3.

U pogledu namena akumulacija, iz tabele 1 se vidi da su u početku akumulacije imale gotovo isključivu namenu za proizvodnju hidroelektrične energije ,dok se u poslednje vreme sve više ide na rešenje kompleksnog iskorišćenja voda.

Red. br.	Naziv visoke brane	Godina završetka	LOKACIJA Vodni tok	Najbliži grad	Republika, Pokrajina, Područje	Tip	VISINA Iznad najnižeg dela temelja (m)	Od temelja do najniže tačke iskopa (m)	Iznad tla (m)
1	Mratinje	Pr.	Piva	Nikšić	Crna Gora	V	215	25	187
2	Gazivode	Pr.	Ibar	Kosovska Mitrovica	Srbija Kosmet	E	110		108
3	Zavoj	Pr.	Visučica	Pirot	Srbija	T	75		73
4	Salakovac	Pr.	Neretva	Konjic	Bosna i Hercegovina	P	69,5		45
5	Turija	Pr.	Turija	Strumica	Makedonija	E	91		76
6	Djale	Pr.	Cetina	Sinj	Hrvatska	P	37,7		28
7	Ormož	Pr.	Drava	Ormož	Hrvatska	P	15		10
8	Banja Luka	Pr.	Vrbas	Banja Luka	Bosna i Hercegovina	V	124		105
9	Bočac	Pr.	Vrbas	Jajce	Bosna i Hercegovina	V	56		45,8
10	Šipovo	Pr.	Pliva	Jajce	Bosna i Hercegovina	V	118		70
11	Ulog	Pr.	Neretva	Ulog	Bosna i Hercegovina	V/P	151		135
12	Konjic	Pr.	Neretva	Konjic	Bosna i Hercegovina	V	133		120
13	Grabovica	Pr.	Neretva	Konjic	Bosna i Herecgovina	P	59		36
14	Ključ	Pr.	Sana	Ključ	Bosna i Hercegovina	T/E	88		76
15	Čeljigovići	Pr.	Miljacka	Sarajevo	Bosna i Hercegovina	E	104,2		85,5
16	Ilovica	Pr.	Željeznica	Sarajevo	Bosna i Hercegovina	E	71		58
17	Trnovo	Pr.	Soča	Bovec	Slovenija	T	88		80
18	Trebuša	Pr.	Idrijica	Idrija	Slovenija	V	120		102,5
19	Vreme	Pr.	Notranjska Reka	Divača	Slovenija	F	54		45
20	Markovci	Pr.	Drava	Ptuj	Slovenija	P	18		8,5
21	Kondjila	Pr.	Piva	Šavnik	Crna Gora	V	200	21	175
22	Bakovića Klisura	Pr.	Tara	Kolašin	Crna Gora	T	145		125
23	Bijele stene	Pr.	Morača	Titograd	Crna Gora	V	150		132
24	Solkan	Pr.	Soča	Gorica	Slovenija	P	33,5		23
25	Čebren	Pr.	Crna Reka	Kavadarci	Makedonija	V	187,5		171,5
26	Treska	Pr.	Treska	Skoplje	Makedonija	V	166	8	158
27	Leskovo	Pr.	V. Pek	Majdanpek	Srbija	V	35,0		25,0
28	Vršac	Pr.	Mesić	Vršac	Srbija	T	21,0		18,0
29	Kadina Reka	Pr.	Kadina Reka	Skoplje	Makedonija	E	87		85
30	Studenica	Pr.	Studenica	Kraljevo	Srbija	V	116		106
31	Dželep	Pr.	Ibar	Kraljevo	Srbija	V	45		40

Tabela 3

Dužina po kruni	Zapremina brane (10^3 m^3)	Ukupna zapremina akumulacije (10^6 m^3)	Namena	Instalisana snaga (MW)	Korisnik	Projektantska organizacija	Izvođačka organizacija
286	589	890	H	213	Kombinat aluminijuma	Energoprojekt i IBE-Elektroprojekt	
519	4800	370	H, I, UI	32	Hidrosistem Ibar—Lepenac	Energoprojekt	
250	1728	160	H, I, DC	36	ZEPS, Beograd	Energoprojekt	
231	270	68	H, I	137,7	Hidroelektrane na Neretvi	Energoinvest	
400	2000	48	I	—	Vodostopansko Pretprijatie	Hidroprojekat	
115	35	4,6	H	33,6	Elektroprivreda Dalmacije	Elektroprojekt	
137	21	3,4	H	76		Elektroprojekt	
164	157	691	H	143	Elektrovrbas	Energoinvest	
126	15	4	H	72,3	Elektrovrbas	Energoinvest	
430	416	625	H	49,6	Elektrovrbas	Energoinvest	
467,5	317	445	H	94,6	Hidroelektrane na Neretvi	Energoinvest	
417	515	460	H	129	Hidroelektrane na Neretvi	Energoinvest	
161	209	20	H	84	Hidroelektrane na Neretvi	Energoinvest	
525	2890	680	H	49	Hidroelektrana »Slapovi na Uni«	Energoinvest	
179	1248	19	DE	3	Vodoprivredno preduzeće	Energoinvest	
77	164	35	DE	—	Vodoprivredno preduzeće	Energoinvest	
780	5379	339	H	135,5	Soške elektrarne	IBE-Elektroprojekt	
418	415	307	H	120	Soške elektrarne	IBE-Elektroprojekt	
476	150	77	H	100	Soške elektrarne	IBE-Elektroprojekt	
134	33	9	H	110	Soške elektrarne	IBE-Elektroprojekt	
255	426	416	H	116,4	Gornja Zeta	IBE-Elektroprojekt	
430	5688	1380	H	432	Elektro Crna Gora	IBE-Elektroprojekt	
166	150	320	H	127	Elektro Crna Gora	IBE-Elektroprojekt	
124	51	5,8	H	20,8	Soške elektrarne	IBE-Elektroprojekt	
410	1093	900	H, DV	127,6	Crnorečki elektrani, Kavadarci	IBE-Elektroprojekt	
250	550	650	H, I, DC	—	Elektrostopanstvo Makedonije	Hidroelektroprojekt	
180	16	9	UI	—	Rudnik bakra	Institut za građevinarstvo	
580	155	4,2	I	—	Vršački vinogradi	Institut za građevinarstvo	
166	600	14	UI, DE, H	11	OHI Skopje i melioracii Skopsko Polje	Hidroelektroprojekt	
350	416	140	H, DC, I	100	ZEPS	Jugoprojekt	
233	50	67	H, DC, I	112	ZEPS	Jugoprojekt	

PRORAČUN ODVODNE MELIORACIONE MREŽE

Ing. Zorko Kos, Rijeka

I. Općenito

Za proračun odvodnih meliracionih mreža danas se ponajviše primjenjuje tzv. kinematska metoda, kojoj je temelje postavio još 1879 godine poznati hidrotehničar Domenico Turazza, pa se ta metoda često i naziva njegovim imenom. Po toj metodi kanalska mreža se smatra kao niz puteva pređenih od vode koja dotječe; budući joj osnov čini translatorno gibanje vode, nazvana je i kinematskom metodom. Od tada pa do danas ova se metoda praktički nije izmijenila, iako se u znatnoj mjeri usavršio postupak za izbor mjerodavne oborine, što je dijelom i rezultat uvođenja savršenijih instrumenata za registriranje oborina.

Godine 1923. drugi poznati hidrotehničar Umberto Puppini objavio je osnove jedne metode proračuna melioracionih mreža, koja uzima u obzir da uporedo s proticanjem vode kroz neki presjek se uzvodni dio mreže postepeno puni vodom, te se po tome odvodna mreža smatra ne samo kao niz puteva koja voda pređe za vrijeme oticanja nego i kao jedan veliki razgranati rezervoar, koji ublažuje vrh maksimalnog vodnog vala. Ova se metoda u znatnoj mjeri približava stvarnim uslovima proticanja i daje realnije rezultate od prve, pa se u zadnje vrijeme sve više upotrebljava.

II. Osnovni pojmovi kinematske metode

Radi boljeg razumijevanja prikaza ove metode, najprije ćemo, u najkraćim crtama, prikazati osnove proračuna po metodi Turazze. Osnovni obrazac za specifičnu protoku odnosno modul odvodnje ima slijedeći, već dobro poznati oblik:

$$u = 0{,}1157 \frac{K \cdot m \cdot h}{t_o + t_k} \text{ l/sec/ha} \qquad (1)$$

U kojoj je:

u — specifični dotok u l/sec/ha (ili ako se želi računati u m^3/sec/km^2, onda treba sve podijeliti sa 10)
K — koeficijent oticanja
m — koeficijent maksimalnog vodnog vala
h — mjerodavna oborina u mm iz funkcije $h = a \cdot t^n$
t_o — vrijeme trajanja oborine (kiše)
t_k — kritično vrijeme (vrijeme koncentracije).

U nastavku ćemo ukratko prikazati karakter i način proračuna ovih veličina, kako bi njihova primjena bila što jednostavnija.

Koeficijent oticanja je, kao što je poznato, odnos između ukupno palog i ukupno oteklog volumena vode sa slivnog područja koji gravitira nekom određenom presjeku odvodnog kanala a u vremenu od $t_o + t_k$. Prema nekim promatranjima u Italiji i prikazanih od Pasinia, u periodu vremena ($t_o + t_k$) otječe 90% palih oborina, odnosno protoka na promatranom presjeku, a na kraju perioda ($t_o + t_k$) iznosi svega 1/10 od maksimalne zabilježene. Za praktične potrebe se ovo može zanemariti, te prihvatiti ovu vrijednost kao konačni koeficijent oticanja. Veliki broj faktora koji utječu na veličinu koeficijenta oticanja, kao i njegova zavisnost o vremenu, posve onemogućavaju da se ovaj koeficijent izrazi algebarskom formulom, te ga za svako područje treba eksperimentalno odrediti.

Kritično vrijeme, odnosno vrijeme korivacije je ono vrijeme koje je potrebno da neka vodena čestica pređe put od najudaljenije tačke slivnog područja do promatranog presjeka. To zavisi o velikom broju faktora, od kojih su najvažniji veličina, oblik i pad slivne površine. Za izračunavanje ove veličine je do sada predloženo veliki broj obrazaca, od kojih su, čini se, za prilike padske nizine najuspjeliji slijedeći:

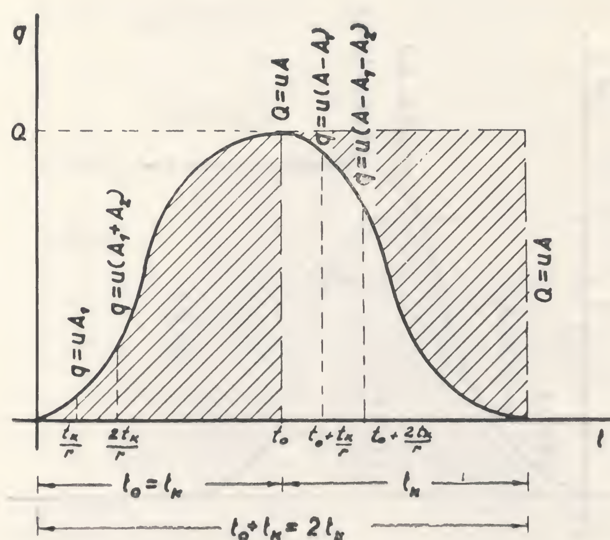
$$t_k = 0{,}315\sqrt{F} \qquad \text{(Ventura)} \qquad (2)$$

$$t_k = 0{,}24\sqrt[3]{F \cdot L} \qquad \text{(Pasini)} \qquad (3)$$

$$t_k = 0{,}0053 \frac{\sqrt{F}}{\sqrt{J}} \qquad \text{(Ventura)} \qquad (4)$$

$$t_k = 0{,}0045 \frac{\sqrt[3]{F \cdot L}}{\sqrt{J}} \qquad \text{(Pasini)} \qquad (5)$$

U ovim obrascima t_k je izraženo u danima, F u kvadratnim kilometrima, a L (dužina toka) u km. Prve dvije formule daju dobre rezultate za terene sa ravničastom konfiguracijom, dok druge dvije za terene sa znatnijim padom. Rezultati dobiveni po ovim obrascima su utoliko tačniji ukoliko se oticajne prilike promatranog područja više približavaju onima na kojima su te formule postavljene. Prema G. Ongaru svi ovi obrasci daju dovoljno tačne rezultate za slivna područja veća od 40 km^2, osrednje tačne rezultate za površine između 40 i 20 km^2, dok za sve površine manje od 20 km^2 dobiveni rezultati nisu pouzdani; tada treba račun dopuniti eksperimentalnim podacima. Kod moderno izgrađenih odvodnih melioracionih mreža i uređenja zemljišta po suvremenim principima za visoke prinose, stvarno kritično vrijeme bit će redovito manje od onog izračunatog po ovim formulama, budući su današnji elementi odvodnje (dubina kanala, sniženje podzemne vode, bauliranje parcela i sl.) mnogo efikasniji od onih na kojima su te formule izvedene (u vremenu između 1890 i 1910). U kasnijim istraživanjima pokušalo se kritično vrijeme izraziti kao interval između maksimuma pljuska i maksimuma protoke. Treba međutim naglasiti da ova veličina ne bi odgovarala karakteru kritičnog vremena definiranog u osnovnom obrascu Turazze i da bi prema tome izmijenila rezultate.



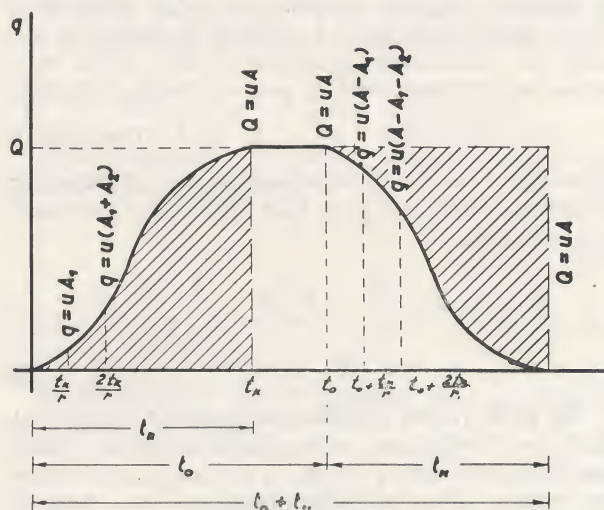
Sl. 1: Dijagram oticanja za slučaj $t_o = t_k$

Slični pokušaji da se kritično vrijeme definiše kao interval između prestanka kiše i kraja vodnoga vala, ostali su bezuspješni. U svakom slučaju treba pravilnom određivanju kritičnog vremena posvetiti najveću pažnju, jer o tome zavise drugi veoma važni elementi proračuna (npr. mjerodavna oborina iz $h = a \cdot t^n_k$).

Kao što smo već ranije napomenuli, koeficijent maksimalnog vodnog vala predstavlja $\frac{Q_{max}}{Q_{sr}}$ (odnos maksimalne i srednje protoke) za odabrani presjek a u trajanju $(t_o + t_k)$ i označili smo ga sa »m«. Shodno osnovnim koncepcijama kinematske metode, njegova se vrijednost mijenja u zavisnosti o trajanju kiše t_o i kritičnog vremena t_k. Ne ulazeći potanje u analizu tih mogućnosti, ovdje ćemo samo napomenuti da za osnovna tri slučaja, tj. kada je trajanje kiše jednako, veće ili manje od kritičnog vremena, koeficijent m bit će jednak 2, odnosno nalaziti će se između 1 i 2, tj. za $t_o = t_k$, $m = 2$, dok za $t_o > t_k$ i $t_o < t_k$ m je uvijek između 1 i 2. Ova tri karakteristična slučaja su prikazana na slikama 1, 2 i 3. Iako je prema mnogobrojnim ispitivanjima u Italiji dokazano da se vrijednost ovog koeficijenta redovito kreće između 1,3 i 1,6, preporuča se primjena vrijednosti od 1,5. Ovdje treba naglasiti: to nije i najkritičniji slučaj. Projektirana odvodna mreža bit će proračunata za najopasniji mogući slučaj maksimalne protoke jedino u slučaju ako pretpostavimo da je $t_o = t_k$ u kom slučaju je $m = 2$, odnosno imamo poznato oticanje po trokutu (sl. 1). U nekim obrascima je ovaj koeficijent »izostavljen«, što može stvoriti zabunu među čitaocima. Naime, kada se on uzima s vrijednošću 2 onda se može kratiti s nazivnikom, budući se u tom slučaju redovito uzima da je $t_o = t_k$, odnosno $t_o + t_k = 2t_k$, pa se prividno nigdje ne pojavljuje.

III. Osnovne postavke metode akumulacije

Već je u uvodnom izlaganju naglašeno da ova metoda polazi od činjenice da pojavljivanju nekog vodnog vala (npr. maksimalnog) prethodi postepeno punjenje dionica kanala ili mreže uzvodno od promatranog presjeka. U stvari, stvaranje vodnog vala je nemoguće bez prethodnog punjenja mreže, jer to daje potreban hidraulički pritisak proticanju. Stoga teoretsku bazu za izvod obrazaca ove metode čini poznata jednadžba kontinuiteta primijenjena na maksimalnu protoku neke određene melioracione mreže. Po tom principu ukupni volumen vode, koji je pao na promatranu melioracionu površinu u nekom periodu vremena, jednak je zbroju volumena koji je u istom vremenu protekao kroz promatrani presjek i koji se akumulirao u uzvodnoj mreži.



Sl. 2: Dijagram oticanja za slučaj $t_o > t_k$

1. Jednadžba kontinuiteta

Radi pojednostavnjenja ovog razmatranja pretpostavit ćemo da imamo na raspolaganju neko određeno melioraciono područje, da u svim presjecima mreže postoji neusporeno oticanje vode i da su u svim presjecima mreže osigurani jednaki hidraulički uslovi protoke.

Slijedom citiranih principa kontinuiteta, osnovna diferencijalna jednadžba poprima oblik:

$$p \cdot dt = q \cdot dt + dv \qquad (6)$$

Gdje je:

p — dotok vode iz melioracione površine u odvodnu mrežu u trenutku dt

q — otok vode iz promatranog presjeka u istom trenutku dt

v — volumen uskladištene vode u mreži u isto vrijeme.

Prije negoli pređemo na integriranje ove jednadžbe, ukratko ćemo razmotriti njene pojedine elemente kao i njihovu međusobnu zavisnost. Dotok

vode p · dt zavisi o slivnoj površini, intenzitetu kiše i o koeficijentu oticanja.

Možemo postaviti odnos:

$$p = k \cdot F \cdot i \qquad (7)$$

Gdje je:

k — koeficijent doticanja

F — slivna površina

$$i = \frac{h}{t_0} \text{ — intezitet kiše.}$$

Pretpostavlja se da je ovaj dotok za vrijeme trajanja kiše t_0 konstantan. Treba, međutim, odmah naglasiti da koeficijent doticanja k nije jednak ranije opisanom koeficijentu oticanja K (t_0 uostalom proizlazi i iz njihove definicije: dok se K odnosi na ukupno vrijeme oticanja ($t_0 + t_k$), dotle se k odnosi samo na vrijeme t_0, dok se K odnosi na oticanje na određenom presjeku kanala, dotle se k odnosi na doticanje vode iz polja u kanal). Uvrstimo li u ovu jednadžbu $i = \frac{h}{t_0}$, te za h vrijednost iz klimatske funkcije vjerojatnosti $h = a \cdot t^n$, konačno dobivamo definiran prvi član jednadžbe kontinuiteta, odnosno:

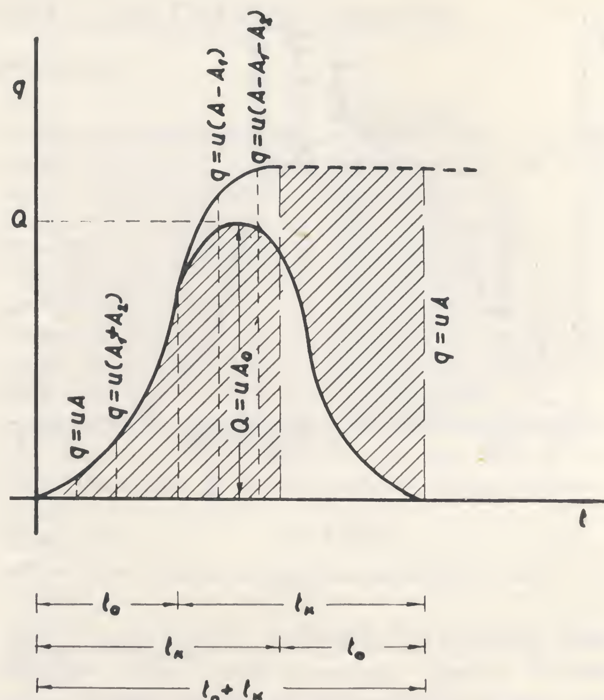
$$p = k \cdot F \cdot \frac{h}{t_0} = k \cdot F \cdot \frac{a \cdot t^n_0}{t_0} =$$

$$= k \cdot F \cdot a \cdot t_0^{n-1} \qquad (8)$$

Da bi se račun pojednostavio, ovdje nije uzet u obzir tzv. koeficijent prikupljanja kojim se obično množe koeficijenti a i n da bi se uzeo u obzir utjecaj veličine sliva na maksimalnu oborinu. Moguće je, dakako, račun provesti a da se i to uzme u obzir. Mi ćemo ove koeficijente dodati na kraju, konačnim obrascima. Prikaz ovog postupka je objavio Puppini 1930. godine.

Drugi član jednadžbe označen sa dv predočuje promjenu volumena vode akumulirane u mreži u vremenu dt. Treba, međutim, naglasiti da ova metoda pretpostavlja da je kanalska mreža već projektirana na temelju pretpostavljanih protoka, ili pak računatih po kinematskoj metodi. Zato bi se ovo moglo nazvati više provjeravanje tačnosti izračunate mreže negoli stvaran proračun. S druge strane pretpostavlja se da je na početku kiše odvodna kanalska mreža prazna. Kako volumen mreže nekog područja ima posve određenu i specifičnu veličinu, to rezultate s jednog područja nije moguće primijeniti na drugo. Račun oticanja je, nadalje, moguće provesti za bilo koju visinu punjenja mreže: redovito će to biti za dva karakteristična slučaja, i to da se projektirano sniženje podzemne vode poštiva (tj. da nivo vode u kanalima ne prekorači tu kotu za vrijeme maksimalne protoke) kao i da se ta kota prekorači.

Proračunavanje dijela volumena mreže u kome se akumulira voda uvijek se obavlja u odnosu na



Sl. 3: Dijagram oticanja za slučaj $t_o < t_k$

neko određeno stanje punjenja, pri čemu se pretpostavlja da je mreža potpuno izgrađena, te da je zamuljena slojem taloga, kod koga se, prema postojećem planu, pristupa čišćenju mulja. Najprije se proračunava volumen glavnog sabirnog kanala, zatim sekundarnih, pa tercijarnih. Tome se dodaje volumen sistema jaraka koji služi za prikupljanje vode direktno s obradivih površina. Konačno se izračuna volumen svih onih depresija, ekspanzionih zona, napuštenih korita, sloja toka vode po površini, i bilo kakvih drugih ploha koje za pretpostavljeno punjenje mreže dolaze privremeno pod vodu. Proračun volumena kanala ekspanzionih zona i depresija je relativno lako i tačno učiniti, jer ovi elementi imaju redovito pravilan oblik i presjek. Teže je izračunati volumen brazda, sabirnih jaraka i sličnih elemenata, zbog njihove razgranate mreže i eventualno nepravilnog profila kojeg ponekad mogu poprimiti. Konačno, volumen toka vode po površini terena je praktički nemoguće tačno izračunati, te može biti samo više ili manje tačno pretpostavljen. Treba, međutim, naglasiti da najveću pažnju treba posvetiti izračunavanju volumena akumulacije, jer o tom elementu uglavnom zavisi tačnost čitavog proračuna.

U nastavku razmatranja pretpostavit će se da postoji linearna zavisnost između količine akumulirane vode u mreži i omočene površine poprečnog presjeka kanala kroz koji voda protječe, odnosno pretpostavlja se da postoji ista zavisnost kao kod istjecanja na prelijevu akumulacionog jezera. Pretpostavlja se, da je visina istjecanja vode na pragu prelijeva uvijek linearno proporcionalna volumenu uskladištene količine vode iznad kote prelijeva.

Prema tome imamo:

$$\frac{v}{f} = \frac{V}{F}$$

odakle
$$v = V \frac{f}{F} \tag{9}$$

Gdje je:

V — ukupni volumen akumulirane količine vode za usvojeno punjenje mreže (konačno)

F — površina omočenog poprečnog presjeka kanala kroz koji voda istječe iz područja koje odgovara volumenu V

v, f — odgovarajuće elementarne vrijednosti za stanje punjenja u nekom trenutku dt.

Konačno ćemo razmotriti i posljednji član jednadžbe (6) označen sa qdt, a koji predstavlja količinu vode koja je otekla kroz promatrani presjek u vremenu dt. Slično kao i gore i ovdje ćemo pokušati ovu veličinu izraziti u zavisnosti od nekog hidrauličnog elementa presjeka kanala. Napišimo najprije jednadžbu za jednolično tečenje vode, koja glasi:

$$q = f \cdot c\sqrt{R \cdot J}$$

Gdje je:

c — koeficijent otpora u Bazinovoj formuli

R — hidraulički radijus, odnosno $R = \frac{F}{O}$

J — pad dna kanala.

Ovu ćemo formulu, međutim, napisati u malo izmijenjenom obliku kako bi je mogli upotrebiti u daljnjem razmatranju. Pretpostavimo oblik:

$$q = \mu f^m \tag{10}$$

Gdje je:

μ — neki parametar nezavisan o q i f, ali zavisan o koeficijentu hrapavosti (koji dolazi kod proračuna c) kao i o obliku i dimenzijama presjeka,

m — neki parametar također nezavisan o q i f, ali zavisan samo o obliku i veličini presjeka korita.

Formula (10) predstavlja ustvari modul protoke za odabrani presjek i površinu. Parametar m za odvodne kanale uobičajenog trapeznog presjeka i pada redovito ima vrijednost između 1,33 i 1,66 s prosječnom vrijednošću od 1,5. Za postizavanje tačnijih rezultata, odnosno kod kanala veoma širokog dna potrebno je odrediti ovu vrijednost za svaki konkretan slučaj. Određivanje ovih parametara za određeni presjek i pad kanala obavlja se grafičkim putem u logaritamskom koordinatnom sistemu. Za taj slučaj obrazac (10) poprima oblik:

$$\log_q = \log\mu + m \cdot \log_f$$

te je

$$m = tg\alpha,$$

dok je μ predočen odsječkom na ordinati.

Ovdje opisani modul protoke koji se odnosi na elementarne vrijednosti q i f promatranog presjeka vrijedi na isti način i za maksimalnu protoku i proticajnu površinu, budući su za taj slučaj parametri μ i m konstantni.

Prema tome imamo:

$$Q = \mu F^m \tag{11}$$

Odnosno, ako ovu podijelimo sa (10) dobivamo:

$$q = Q\left(\frac{f}{F}\right)^m$$

te supstitucijom iz formule (9) imamo:

$$q = Q\left(\frac{v}{V}\right)^m \tag{12}$$

što konačno predstavlja zavisnost između oticanja q i volumena akumulacije v jednadžbe kontinuiteta.

2. Integracija jednadžbe kontinuiteta

Ranije opisanu jednadžbu kontinuiteta izrazit ćemo u slijedećem obliku:

$$p = q + \frac{dv}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} \tag{13}$$

Integracija ove jednadžbe bit će lako provediva ako se usvoje slijedeće pretpostavke:

a) da vrijede odnosi izraženi formulom (12), koju pišemo u obliku:

$$v = V\left(\frac{q}{Q}\right)^{\frac{1}{m}}$$

a koja derivirana po q daje:

$$\frac{dv}{dq} = \frac{1}{m} \cdot \frac{V}{Q}\left(\frac{q}{Q}\right)^{\frac{1-m}{m}} \tag{14}$$

b) da dotok vode u mrežu bude jednoličan u vremenu t_0 i da počinje u vremenu t = O. To znači da je intenzitet kiše konstantan, a dotok vode u mrežu počinje s početkom padanja kiše. Interval između početka kiše i početka dotoka se zanemaruje

c) da je na početku kiše odvodna mreža prazna, odnosno da je za t = O i q = O i da u tom trenutku počinje oticanje kroz promatrani presjek.

Uvrštavanjem (14) u (13) dobivamo:

$$p = q + \frac{1}{m} \cdot \frac{V}{Q}\left(\frac{q}{Q}\right)^{\frac{1-m}{m}} \cdot \frac{dq}{dt}$$

odakle:

$$(p - q)dt = \frac{1}{m} \cdot \frac{V}{Q^{\frac{1}{m}}} \cdot \frac{dq}{q^{\frac{m-1}{m}}}$$

a budući da je, prema uslovima, p konstantan, imamo:

$$dt = \frac{V}{m \cdot Q^{\frac{1}{m}} \cdot p^{\frac{m-1}{m}}} \cdot \frac{\left(\frac{q}{p}\right)^{\frac{1-m}{m}}}{1 - \frac{q}{p}} \cdot d\left(\frac{q}{p}\right)$$

Uvrštavanjem za $\frac{q}{p} = y$, imamo:

$$dt = \frac{V}{m \cdot Q^{\frac{1}{m}} p \cdot^{\frac{m-1}{m}}} \cdot \frac{Y^{\frac{1-m}{m}}}{1-y} dy.$$

Integrirajući ovu jednadžbu u granicama između t_1 i t_2 za koje odgovaraju protoke q_1 q_2 odnosno:

$$y_1 = \frac{q^1}{p} \qquad y_2 = \frac{q_2}{p}$$

imamo:

$$t_2 - t_1 = \frac{1}{m} \cdot \frac{V}{Q^{\frac{1}{m}}} \cdot \frac{1}{p^{\frac{m-1}{m}}} \cdot \int_{Y_1}^{Y_2} \frac{y^{\frac{1-m}{m}}}{1-y} dy \qquad (15)$$

što definiše zakonitost po kome se oticanje q povećava u vremenu $(t_2 - t_1)$ između q_1 i q_2 uslijed dodatka p koji počinje u momentu $t = O$.

Ako u jednadžbi (15) uvrstimo za $t_1 = O$, za koji slučaj $q_1 = 0$ i $y_1 = 0$, dobivamo:

$$t_2 = \frac{V}{m \cdot Q^{\frac{1}{m}} \cdot p^{\frac{m-1}{m}}} \int_{0}^{Y_2} \frac{y^{\frac{1-m}{m}}}{1-y} dy \qquad (16)$$

što daje potrebno vrijeme t_2 da se postigne protoka q_2 u presjeku mreže prethodno prazne.

Da bi mogli odrediti vrijeme punjenja mreže do pretpostavljenog nivoa (hidrauličnog stanja), odnosno onaj t, koji nam daje protoku Q, upotrebit ćemo obrazac (16) u koga ćemo za y_2 uvrstiti vrijednost $\frac{Q}{p}$.

Ovu ćemo vrijednost označiti sa Z, odnosno:

$$y_2 = \frac{Q}{p} =$$

pa imamo:

$$T_p = \frac{V}{m \cdot Q^{\frac{1}{m}} \cdot p^{\frac{m}{1-m}}} \int_{0}^{Z} \cdot \frac{y^{\frac{1-m}{m}}}{1-y} dy =$$

$$= \frac{V}{m \cdot p \cdot Z^{\frac{1}{m}}} \int_{0}^{Z} \frac{y^{\frac{1-m}{m}}}{1-y} dy$$

i ako pretpostavimo da je:

$$\Psi_m(Z) = \frac{1}{m \cdot Z^{\frac{1}{m}}} \int_{0}^{Z} \frac{y^{\frac{1-m}{m}}}{1-y} dy$$

dobivamo:

$$T_p = \frac{V}{p} \Psi_m(Z) \qquad (17)$$

A budući da je $\frac{1}{p} = \frac{Z}{Q}$ konačno imamo:

$$T_p = \frac{V}{Q} Z \Psi_m(Z) \qquad (18)$$

u kojoj integral funkcije $\Psi_m(Z)$ ima poznatu vrijednost.

To je konačno formula koju smo tražili. Pomoću nje izračunavamo vrijeme potrebno da se kanalska mreža uzvodno od promatranog presjeka napuni vodom do neke određene kote (za pretpostavljeno hidraulično stanje) kojoj odgovaraju maksimalna protoka Q promatranog presjeka te volumen V akumulirane vode u mreži uslijed konstantnog dotoka p, time da je mreža u trenutku t_0 bila prazna.

Postoji nekoliko postupaka za integriranje funkcije $\Psi_m(Z)$, ali mi ćemo ovdje samo ukratko spomenuti metodu Pupinia. Funkciju $\Psi_m(Z)$ je najprije napisao u obliku:

$$\Psi_m(Z) = \frac{1}{m \cdot z^{\frac{1}{m}}} \int_{0}^{Z} y^{\frac{1-m}{m}} \cdot$$

$$\cdot (1 + y + y^2 + y^3 + \dots) dy =$$

$$= \frac{1}{m \cdot z^{\frac{1}{m}}} \cdot \int_{0}^{Z} y^{\frac{1-m}{m}} dy + \frac{1}{m \cdot z^{\frac{1}{m}}} \int_{0}^{Z} \cdot$$

$$\cdot (y^{\frac{1}{m}} + y^{\frac{1}{m}+1} + y^{\frac{1}{m}+2} + \dots) dy$$

a budući da je izraz pod znakom integrala u drugom dijelu drugog člana za $O \leq y < 1$, kao što je to ovdje slučaj, jednolično konvergentan, može se integrirati po serijama, te konačno dobivamo:

$$\Psi_m(Z) = 1 + \frac{Z}{m+1} + \frac{Z^2}{2m+1} + \frac{Z^3}{3m+1} + \dots$$

Radi jednostavnosti primjene u praksi, izračunate su najvažnije vrijednosti ove funkcije i to za $m = 1$, 1,25, 1,50, 1,75, i 2, te za $Z = O$ do $Z = 1$ i prikazane u tabeli 1.

Tabela 1

Vrijednosti funkcije $\Psi_m(Z)$

Z	$\Psi_1(Z)$	$\Psi_{1.25}$	$\Psi_{1.50}(Z)$	$\Psi_{1.75}(Z)$	$\Psi_{2.00}(Z)$
0,00	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
0,10	1,0536	1,0475	1,0427	1,0388	1,0355
0,20	1,1157	1,1023	1.0917	1,0831	1,0760
0,30	1,1889	1,1665	1,1490	1,1347	1,1231
0,40	1,2771	1,2434	1,2171	1,1960	1,1787
0,50	1,3863	1,3380	1,3006	1,2708	1,2464
0,60	1,5272	1,4590	1,4069	1,3655	1,3319
0,70	1,7187	1,6242	1,5492	1,4918	1,4454
0,75	1,8484	1,7419	1,6437	1,5758	1,5203
0,80	2,0118	1,8692	1,7629	1,6802	1,6140
0,84	2,1816	2,0111	1,8849	1,7873	1,7094
0,87	2,3451	2,1471	2,0014	1,8892	1,8000
0,90	2,5584	2,3236	2,1519	2,0207	1,9168
0,92	2,7454	2,4776	2,2828	2,1347	2,0177
0,94	2,9930	2,6807	2,4550	2,2843	2,1499
0,96	3,3530	2,9745	2,7032	2,4993	2,3395
0,98	3,992	3,493	3,141	2,875	2,670
0,99	4,652	4,025	3,587	3,261	3,008
1,00					

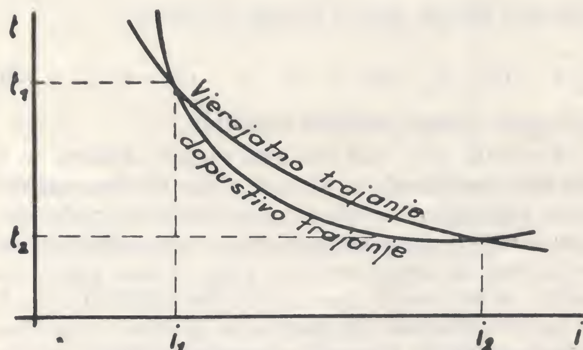
Kod međuvrijednosti, kako za m tako i za Z može se obaviti linearna interpolacija.

Tabela 1 može se upotrebiti za proračun vremena ($t_2 - t_1$) kao i vremena t_2 u kom slučaju bi odgovarajuće obrasce trebalo donekle transformirati, slično kao i kod T_p.

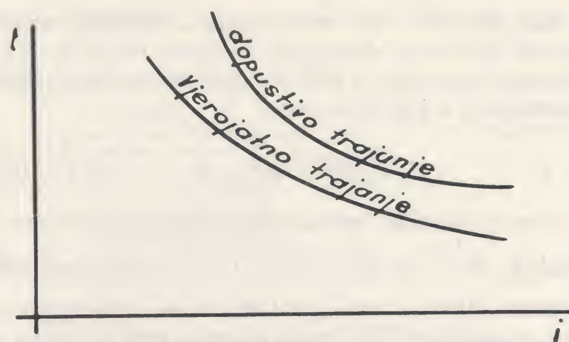
3. Primjena obrazaca

Formula (18) daje nam maksimalnu moguću vrijednost trajanja kiše T_p intenziteta i, u kom će se uzvodna mreža napuniti do predviđene kote. To je u stvari dopustivo trajanje kiše koje u izvjesnom smislu kazuje o efikasnosti kanalske mreže u odnosu na trajanje kiše t_0. Zbog toga treba razmatrati odnos između T_p i t_0, tj. odnos između dopustivog i vjerojatnog trajanja kiše (T_p — vrijeme punjenja mreže) istog intenziteta i predočene istom krivuljom $h = a \cdot t^n$. U vezi toga moguća su tri slučaja:

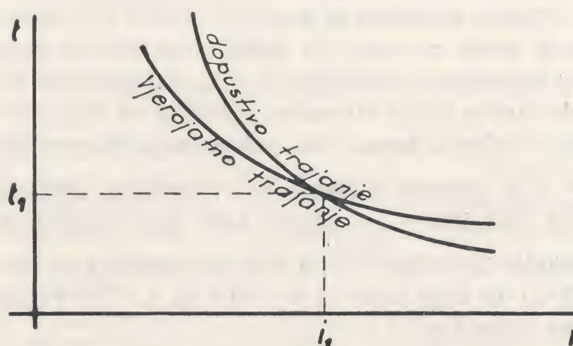
a) $T_p < t_0$ (sl. 4); odvodna mreža bit će ispunjena (do pretpostavljenog nivoa) prije prestanka kiše, te su prema tome njene dimenzije nedovoljne,



Sl. 4: Dopustivo prema vjerojatnom trajanju kiše $h = a \cdot t_0^n$ za neku kanalsku mrežu za slučaj $T_p < t_0$



Sl. 5: Dopustivo prema vjerojatnom trajanju kiše $h = a \cdot t_0^n$ za neku kanalsku mrežu za slučaj $T_p > t_0$



Sl. 6: Dopustivo prema vjerojatnom trajanju kiše $h = a \cdot t_0^n$ za neku kanalsku mrežu za slučaj $T_p = t_0$

b) $T_p > t_0$ (sl 5); u ovom slučaju će kiša prestati prije negoli se dostigne dopustivo punjenje mreže. Slijedom toga odvodna mreža je predimenzionirana,

c) $T_p = t_0$ (sl. 6); odvodna mreža je ispunjena u trenutku prestanka kiše, što znači da su joj dimenzije upravo dovoljne. Projektant mora uvijek težiti da odabere takve dimenzije kanala, kako bi se što više približio ovom slučaju.

4. Modul odvodnje

Naprijed prikazana metoda provjeravanja efikasnosti odvodne kanalske mreže je u osnovi razrađena od strane Puppinia i prvi put objavljena 1923. On je sličan metod, koji je Fantoli razradio za proračun kanalizacija, primijenio na melioracione kanale. Kao što se može vidjeti iz ovog skraćenog prikaza, ovo je prilično dugotrajan i opsežan postupak, budući se temelji na indirektnom proračunu. Kasnije su ovu metodu usavršavali mnogi učenjaci (Massari, Supino, Del Pra) a i Puppini, i to radi pronalaženja nekog direktnog načina proračuna, sličnog onome kod kinematske metode. Nastavno ćemo prikazati neke od tih metoda. Kao i ranije, tako se i ovaj postupak svodi na provjeravanje tačnosti proračuna, samo što je to sada mnogo jednostavnije i kraće.

Vratimo se ponešto unazad i započnimo razmatranje kod obrasca (18). Ako u ovaj obrazac uvrstimo vrijednost za p iz obrasca (8) imamo:

$$Z = \frac{Q}{p} = \frac{Q}{k \cdot A \cdot a \cdot t_0^{\,n-1}} \qquad (19)$$

Kao što smo malo prije vidjeli, odvodna mreža imat će optimalne dimenzije za slučaj da je $T_p = t_0$, te prema tome ako u (18) T_p zamijenimo sa t_0 i eliminiramo t_0 u (19) dobivamo:

$$Q \cdot V^{\frac{1-n}{n}} = Z[\Psi_m(Z)]^{\frac{n-1}{n}} \cdot (k \cdot A \cdot a)^{\frac{1}{n}} \quad (20)$$

Ova jednadžba prikazuje vrijednost što mora imati $Q \cdot V^{\frac{1-n}{n}}$ na kraju kiše (t_0, h) da bi se postiglo pretpostavljeno stanje punjenja koje odgovara vrijednostima Q i V. Usvojena veličina kiše ne zavisi o parametrima A, a, n, m, k, nego samo parametar Z, odnosno funkcija $Z[\Psi_m(Z)]^{\frac{n-1}{n}}$. Da bi bilo osigurano da vrijeme potrebno za punjenje mreže do predviđenog nivoa ne samo za jednu nego za bilo koju kišu predočenu funkcijom $h = a \cdot t^n_0$ neće biti nikada manje (može biti samo jednako) od odgovarajućeg trajanja same kiše, potrebno je da produkt $Q \cdot V^{\frac{1-n}{n}}$ poprimi maksimalnu vrijednost, odnosno Z da ima takvu vrijednost koja daje maksimum funkcije $Z[\Psi^m(Z)]^{\frac{n-1}{n}}$, a koja je pozitivna za $O < Z < 1$ te daje nulu za Z = O i za Z = 1. Prema tome mora biti:

$$\frac{d}{dz}\{Z[\Psi_m(Z)]^{\frac{n-1}{n}}\} = 0$$

Ne ulazeći u detalje ovog proračuna, napomenut ćemo da je Supino izračunao vrijednosti ove funkcije za najvažnije slučajeve, koje dajemo u tabeli II.

koja nam kazuje kako za efikasnost odvodne mreže ima veliki utjecaj propusna moć kanala Q, ali isto tako, obično, i veći upliv ima i volumen akumulacije V u mreži, jer lijevi faktor za n = 1/2 glasi $Q \cdot V$, za n = 1/3 glasi $Q \cdot V^2$, dok za n = 1/4 glasi $Q \cdot V^3$.

Ako obrazac (22) podijelimo se $A^{\frac{1}{n}}$ i uvrstimo:

$u = \frac{Q}{A}$ — jedinično oticanje na promatranom presjeku,

$v = \frac{V}{A}$ — jedinična akumulacija mreže odnosno volumen u odnosu na jediničnu slivnu površinu, dobivamo:

$$u \cdot v^{\frac{1-n}{n}} = (0{,}221 \cdot m + 0{,}574)n(k \cdot a)^{\frac{1}{n}}$$

odakle imamo:

$$u = (0{,}221 \cdot m + 0{,}574)n \cdot v^{\frac{n-1}{n}} \cdot (k \cdot a)^{\frac{1}{n}} \quad (23)$$

Ova formula izažava maksimalno jedinično oticanje na promatranom presjeku kanala za najopasniju kišu predočenu funkcijom $h = a \cdot t^n_0$, za mrežu jediničnog volumena v. Ako ovu formulu izrazimo u formi modula odvodnje, odnosno jediničnog oticanja u 1(sec)ha, izraz (23) mora se pomnožiti sa 10^7 i podijeliti sa 86.400, odnosno pomnožiti sa 115,74, pa dobivamo:

$$u = (26 \cdot m + 66)\ n \cdot v^{\frac{n-1}{n}} (k \cdot a)^{\frac{1}{n}} \quad (24)$$

Tabela 2

Vrijednost Z koja daje maksimum funkciji $Z[\Psi_m(Z)]^{\frac{n-1}{n}}$ i vrijednost same funkcije

	Z					$Z[\Psi_m(Z)]^{\frac{n-1}{n}}$				
m n	1	1,25	1,50	1,75	2	1	1,25	1,50	1,75	2
0,50	0,715	0,740	0,760	0,775	0,790	0,409	0,433	0,458	0,478	0,494
0,33	0,531	0,562	0,590	0,612	0,633	0,260	0,285	0,304	0,321	0,340
0,25	0,423	0,453	0,477	0,502	0,525	0,193	0,209	0,225	0,242	0,261

Na temelju rezultata dobivenih u ovoj tabeli, nekoliko je autora predložilo vrlo jednostavne obrasce za proračun vrijednosti Z, koji redovito daju odstupanja manja od 2%, što se za praksu smatra zadovoljavajuće. Spomenut ćemo samo obrazac Supina, koji glasi:

$$Z[\Psi_m(Z)]^{\frac{n-1}{n}} = (0{,}221 \cdot m + 0{,}574)n \quad (21)$$

koji vrijedi u području za $1 \leq m \leq 2$ i za $0{,}25 \leq n \leq 0{,}50$.

Uvrštavajući ovu vrijednost u (20) dobivamo:

$$Q \cdot V^{\frac{1-n}{n}} = (0{,}221 \cdot m + 0{,}574)n(k \cdot A \cdot a)^{\frac{1}{n}} \quad (22)$$

odnosno, prema jednoj drugoj varijanti:

$$u = (30 \cdot m + 60)\ n \cdot v^{\frac{n-1}{n}} \cdot (k \cdot a)^{\frac{1}{n}} \quad (25)$$

koje daju gotovo jednake rezultate.

Formula (25), kao što smo vidjeli, dobiva se iz (18) ako stavimo da je $T_p = t_0$ i ako tražimo maksimum funkcije, te prema tome dobiveni modul odvodnje i jedinična akumulacija imaju maksimalnu vrijednost na kraju najveće kiše. Prema tome, potrebno je da presjek kanala ima kapacitet $Q = u \cdot A$, za koju vrijednost akumulacija je $V = v \cdot A$. Proračun pojedinih elemenata mreže se dalje obavlja na uobičajeni način: počinje se s elementima nižeg reda, dok se ne stigne do zadnjeg presjeka odvodnog

kolektora. U jednadžbi (25) imamo sve poznate veličine osim jediničnog volumena $v = \frac{V}{A}$. Za proračun nepoznate vrijednosti v možemo koristiti slijedeći obrazac:

$$v = \frac{v_s \cdot A + V_p + F \cdot L}{10000 \cdot A} \qquad (26)$$

Gdje je:

v_s — volumen brazda i toka vode po površini terena,

V_p — volumen pritoka (kanali koji su već dimenzionirani i koji utječu u razmatrani, prema tome za prvi elemenat $V_p = 0$),

L — dužina kanala presjeka F.

Dimenzioniranje presjeka je najbolje obavljati metodom sukcesivne aproksimacije, koja može biti korisno primjenjena na slijedeći način: najprije se usvoji neka približna vrijednost za modul odvodnje, ili, još bolje, njegova se vrijednost približno izračuna po ranije opisanoj kinematskoj metodi, tako dobivamo u'. Sada se računa približan poprečni presjek na temelju vrijednosti Q' = u' · A, odnosno time dobivamo F'. Sada prelazimo na proračun vrijednosti v' pomoću formule (26), a iza toga konačno iz (25), ili njoj analogne, dobivamo u''. Ako je u'' = u' problem je riješen, u protivnom ponavljamo čitav postupak i u drugoj aproksimaciji računamo s novom vrijednošću za u. Postupak se ponavlja sve dotle dok razlika između dvaju zadnjih rezultata bude manja od 2%. Za uobičajene slučajeve (kolektore širine dna manje od 10 metara) koeficijent m se može usvojiti sa m = 1,50, dok inače njegovu tačnu vrijednost treba proračunati kako je ranije prikazano. Odstupanje kod tih uobičajenih slučajeva, ako se usvoji m = 1,50 umjesto tačne, proračunate, iznosi manje od 2%, pa se radi toga i predlaže da se proračun ne obavlja.

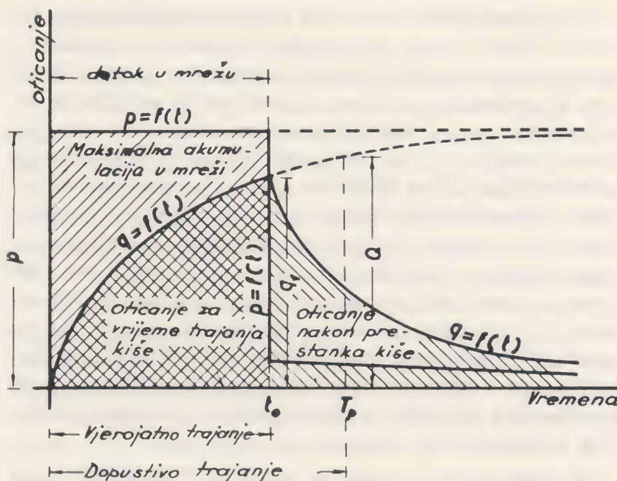
Polazeći od formule (18) Puppini je na način sličan opisanom došao do obrazaca po kojima je moguće izračunati najopasniju kišu i za već postojeće mreže (poznatih dimenzija). Ovi obrasci za trajanje kiše t_0 i visinu oborine h u uobičajenim dimenzijama (h u metrima, t_0 u danima, a u u l(sec) ha) glase:

$$\left.\begin{aligned} t_0 &= (300{,}82 \cdot n - 4{,}63)\frac{v}{u} \\ h &= (1{,}52 \cdot n + 0{,}91)\ \frac{v}{k} \end{aligned}\right\} \qquad (27)$$

Kako je ovdje nepoznata veličina u to jednadžbu nije moguće riješiti na direktan način, već će se i ovdje primijeniti metoda sukcesivne aproksimacije.

5. Dijagram oticanja

Sada ćemo u najkraćim crtama razmotriti postupak izrade dijagrama oticanja i prikazati njegove elemente za neki određeni presjek mreže kod kiše poznatih karakteristika. U svakom slučaju moraju



Sl. 7: Dijagram oticanja za neki presjek kanala

biti poznati svi elementi sistema, odnosno Q, V, m, i, F, te se u koordinatni sistem nanose pojedine karakteristične tačke, isto kao i kod kinematske metode. Kao što se iz dijagrama vidi, u prvoj fazi rasta vodnoga vala, oticanje i akumulacija u mreži rastu progresivno i asimptotički se približavaju dotoku p. Oticanje postiže vrijednost Q kod akumulacije V samo za slučaj ako je $Q < p$, u tom slučaju Q se postiže na kraju vremena T_p. Ako je $Q > p$, mreža se neće ispuniti, što znači da je predimenzionirana.

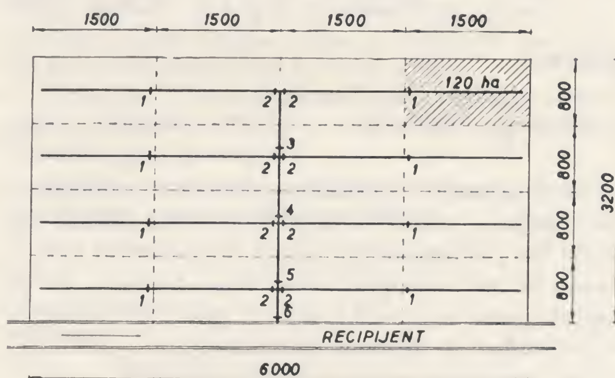
I ovdje mogu nastupiti tri karakteristična slučaja, i to:

a) $T_p > t_0$ u kom je slučaju mreža predimenzionirana, te prema tome protoka Q se neće dostići, već će maksimalna protoka nastupiti kod prestanka kiše i bit će $q_1 < Q$,

b) $T_p = t_0$ u kom slučaju mreža ima upravo dovoljne dimenzije, te će maksimalna protoka Q biti dostignuta na kraju kiše,

c) $T_p < t_0$ u kom slučaju mreža ima premalene dimenzije, te će protoka Q biti dostignuta prije prestanka kiše.

U ovom slučaju najveća protoka q_1 bit će dostignuta na kraju kiše u zavisnosti o volumenu mreže i modulu oticanja.



Sl. 8: Shema melioracionog područja (mreže) iz primjera

Pri proračunu odvodnih melioracionih mreža po ovoj metodi mogu se, dakako, pojaviti u praksi i druge mogućnosti od ovdje pretpostavljenih. To su npr. konstantna protoka u mreži prije početka kiše, punjenje mreže stajačom vodom (npr. ljeti za potrebe natapanja) do izvjesne visine, također prije početka kiše, ili za dijelove mreže koji su pod usporom, odnosno podvrgnuti intermitentnom oticanju (npr. kod mehaničkog dizanja vode), razrađene su odgovarajuće metode proračuna, odnosno ovo osnovno razmatranje prilagođeno je svakom konkretnom slučaju. Ne ulazeći u razmatranje svih ovih posebnih slučajeva, ovdje ćemo još ukratko prikazati samo dva koja se u praksi često susreću, i to konstantna protoka i akumulacija stajačica vode koji su prethodili dolasku vodnoga vala.

6. Konstantna protoka, odnosno stajačica voda u mreži, što su prethodili dolasku maksimalnog vala

Kao što smo već ranije napomenuli, kod integriranja jednadžbe kontinuiteta, među ostalim, pretpostavljeno je da je na početku kiše odvodna mreža potpuno prazna, odnosno da je njen ukupan volumen raspoloživ za akumulaciju. Puppini i Supino su razradili metode proračuna za dva ovdje spomenuta izuzetka.

a) U slučaju da razmatranim kanalom protječe konstantna količina vode (npr. od nekog izvora) visine H_0, kojoj odgovara proticajna površina F_0, imamo protoku $Q_0 = Q\left(\frac{F_0}{F}\right)^m$, odnosno akumulaciju $V_0 = V \frac{F_0}{F}$ (vidi izraz (12) i (9)).

Prema Puppiniu izraz (8) za ovaj slučaj poprima oblik:

$$p = Q_0 + k \cdot A \cdot a \cdot t^{n-1} \qquad (28)$$

a odavde pomoću izraza (15) izračunava se vrijeme T_p, koje sada izražava prelaz od protoke Q_0 na protoku Q. Ako se uzme da je $y_1 = \frac{Q}{p}$, $y_2 = \frac{Q}{p} = Z$, $t_2 - t_1 = T_p$ konačno dobivamo:

$$T_p = \frac{V}{p} \left[\Psi_m(Z) - \left(\frac{y_1}{Z}\right)^{\frac{1}{m}} \Psi_m(y_1)\right] \qquad (29)$$

odnosno:

$$T_p = \frac{V}{Q} \cdot Z\left[\Psi_m(Z) - \left(\frac{y_1}{Z}\right)^{\frac{1}{m}} \cdot \Psi_m(y_1)\right] \qquad (30)$$

Iz izračunatih i grafički predočenih vrijednosti ove funkcije pokušalo se pronaći izraz koji bi po formi bio potpuno sličan izrazu (17) odnosno (18), a davao bi iste vrijednosti kao i ove formule. To je uspjelo samo za m = 1,5. Ako u izraz (18) uvrstimo za vrijednost V fiktivnu akumulaciju:

$$V_1 = V\left[1 - \left(\frac{V_0}{V}\right)^{3/2}\right]$$

dobivamo:

$$T_p = \frac{V}{p}\left[1 - \left(\frac{V_0}{V}\right)^{3/2}\right] \Psi_m(Z) \qquad (32)$$

odnosno:

$$T_p = \frac{V}{Q}\left[1 - \left(\frac{V_0}{V}\right)^{3/2}\right] Z\, \Psi_m(Z) \qquad (33)$$

Puppini je ovaj problem riješio u formi modula odvodnje, koji glasi:

$$u = (30 + 60)n(k \cdot \sigma \cdot a)^{\frac{1}{n}} \cdot v_1^{\frac{n-1}{n}} \qquad (34)$$

gdje je

v_1 jedinična akumulacija (fiktivna) koja se dobiva iz (33)

$$v_1 = \frac{V_1}{A} = \frac{V}{A}\left[1 - \left(\frac{V_0}{V}\right)^{3/2}\right] \qquad (35)$$

a σ je koeficijent koji se dobiva iz formule:

$$\sigma = \frac{Q_0 + k \cdot A \cdot a \cdot t_0^{\,n-1}}{k \cdot A \cdot a \cdot t_0^{\,n-1}} \qquad (36)$$

Postupak kod proračuna je slijedeći: najprije se odredi v_1, te se u prvoj aproksimaciji stavi σ = 1 i izračuna se u_1. Sada se iz tabele 2 uzme vrijednost Z koja daje maksimum funkcije $Z[\Psi_m(Z)]^{\frac{n-1}{n}}$ u izrazu (22). Zatim se izračuna dotok $p_1 = \frac{u_1 \cdot A}{Z}$ i pristupa se proračunu izraza (34) u drugoj aproksimaciji, i tako redom, dok se ne postigne zadovoljavajući rezultat.

b) U drugom slučaju, tj. kada u mreži imamo izvjestan sloj stagnirajuće vode, naprijed opisani obrasci nisu upotrebljivi, pa će se morati primijeniti drugi (nije npr. ispunjen uslov izraza (11) jer za $F_0 > 0$ imamo $Q_0 = 0$). Ukupno vrijeme T_p potrebno za punjenje mreže može se u ovom slučaju izraziti u obliku razlike između vremena potrebnog za punjenje mreže, kao da je prethodno bila prazna i vremena potrebnog za postizanje volumena V_0 stagnirajuće vode sa dotokom p. Prema tome imamo:

$$T_p = \frac{V}{Q} \cdot Z \cdot \Psi_m(Z) - \frac{V_0}{p} \qquad (37)$$

Za ovaj konkretni slučaj, za sada, još ne postoji adekvatna formula za modul oticanja, pa u nedostatku toga može se račun mreže obaviti po metodi prethodnog slučaja, uzimajući za σ = 1, kada je $Q_0 = 0$. Dobivene vrijednosti su u granicama dozvoljenih odstupanja. U svakom slučaju uputno je ovako izračunate rezultate provjeriti za vrijeme punjenja pomoću formule (37).

IV. Zaključak

Na temelju naprijed prikazanog postupka proračuna kako kinematske tako i metode akumulacije, zaključuje se da među njima ne postoji nikakva organska veza. Tako, prva se temelji na vremenu koje je potrebno da voda, koja je pala na raznim tačkama sliva, utroši, da bi stigla do promatranog presjeka, dotle se druga bazira na ublažavajućem djelovanju volumena odvodne mreže na vodni val, za vrijeme neke protoke. Iako je bilo nekoliko pokušaja da se nađe neki postupak proračuna koji bi spojio obje metode, odnosno koji bi udovoljio uslovima i jedne i druge, do sada nisu još postignuti rezultati koji bi se i u praksi mogli primjenjivati.

Postavlja se sada pitanje kojoj od ovih metoda treba dati prednost. Da bi mogli odgovoriti na ovo pitanje najprije ćemo se u najkraćim crtama kritički osvrnuti na obje metode.

Kinematskoj se metodi, među ostalim, daju ovi prigovori:

1. Za vrijeme neke kiše, paralelno s povećanjem oticanja (protoke) imamo i pojavu povećanja volumena vode akumulirane u promatranoj odvodnoj mreži. Zato je osnovni nedostatak ove metode da ne uzima u obzir ublažavajuće djelovanje volumena akumulacije na stvaranje vodnoga vala, koje je tim jače što je volumen mreže veći. Iako ovaj prigovor teoretski potpuno stoji, praktički se to zbiva malo drukčije. Naime, porastom protoke raste i visina vode u kanalima, odnosno protoka, što uvjetuje da je brzina vode manja negoli bi bila u slučaju da su kanali samo putovi proticanja vode, odnosno da imamo čisto translatorno gibanje vode. Smanjenje brzine proticanja ima direktan upliv na povećanje kritičnog vremena, odnosno smanjenje specifičnog oticanja.

Time je u izvjesnoj mjeri, na indirektan način, i u formuli Turazze uzet u obzir volumen akumulacije, koji se ovdje pojavljuje u obliku kritičnog vremena.

2. Drugi pak značajan prigovor kinematskoj metodi jeste u tome što je to empirička metoda, kojoj se mogu pripisati svi nedostaci kao i svakoj drugoj empirijskoj formuli. Ovaj se nedostatak »uvlači« kroz formulu za proračun kritičnog vremena, koja čini bazu svih kasnijih proračuna. Prema tome, čitav proračun bit će utoliko tačniji ukoliko su fizikalne karakteristike sliva i mreže sličnije istim karakteristikama područja na kome je formula izvedena.

Metodi akumulacije pripisuju se ovi prigovori:

1. Kao prvo, primjećuje se da vršak maksimalnog vodnog vala uvijek ne poklapa s prestankom kiše, već se može pojaviti ranije ili kasnije. Mjerenja koja su, međutim, obavljana da se utvrdi stvarno odstupanje od računskog, dokazala su da je ono neznatno i da je u granicama dozvoljenih odstupanja za ove vrste proračuna.

2. Druga primjedba odnosi se na činjenicu da metoda akumulacije daje vrijednosti modula odvodnje koji se znatno razlikuju od onih računatih po kinematskoj metodi. Kod velikih površina, gdje se volumen akumulacije može dosta tačno proračunati, ove razlike nisu znatne. Zato je i ovdje najbitnije da se volumen mreže proračuna što je moguće tačnije, jer o tome u znatnoj mjeri zavisi tačnost konačnog rezultata.

U svakom slučaju, metoda akumulacije ima znatne prednosti jer se temelji isključivo na zakonima matematike, pa je stoga to jedna racionalna metoda. Osim toga ona slijedi realnu pojavu maksimalnog vodnog vala i u proračun ne unosi nikakve nejasne parametre bazirane na analognim karakteristikama slivova, već isključivo specifične i konkretne fizikalne karakteristike mreže.

I na kraju bi još napomenuli, da obje ove metode mogu biti korisno primijenjene za proračun bilo koje mreže, time što će se kinematskom metodom određivati samo približne vrijednosti, a metodom akumulacije definitivne dimenzije elemenata mreže.

V. Primjer

Da bi dobili jasniju predodžbu o razlikama između ova dva načina proračuna, izračunat ćemo po obim metodama odvodnu mrežu prikazanu na sl. 8. Ukupna melioraciona površina iznosi 1920 ha, a nalazi se u slivu čije su karakteristike oborina predočene prikazanom formulom. Detaljna odvodna mreža sastoji se iz sistema sisavaca prosječne dubine 0,90 m i trapeznog presjeka. Za predviđene kulture se podzemna voda mora na najnižim dijelovima područja nalaziti na dubini ne manjoj od 0,8 m ispod terena. Dopušta se da ovaj uslov ne bude ispunjen frekvencijom ne većom od 5 puta u jednom stoljeću i tada se dopušta da se voda digne najviše do kote terena. (U Italiji je uobičajeno da se odvodna mreža računa za dva karakteristična hidrološka stanja, i to za slučaj da se postavljeni uslov o najvišem nivou podzemne vode, odnosno nivoa vode u kanalima, poštiva, i da se ta granica prekorači — da se voda popne do nivoa terena, ali bez preplavljivanja. Prekoračenje ovih dvaju stanja se dopušta, u prvom slučaju učestalošću od 100, a u drugom od 10 puta u jednom stoljeću). Pretpostavlja se da je kod dolaska maksimalnog vodnog vala mreža ispunjena vodom do nivoa koji se poklapa s dopuštenim nivoom podzemne vode, odnosno koji se nalazi 0,80 m ispod kote terena. Srednja proticajna brzina vode u kanalima ne treba da pređe vrijednost od $v = 0,5$ m/sec.

Najprije ćemo izračunati red funkcije vjerojatnosti mjerodavne kiše, kojeg u konkretnom slučaju moramo primijetiti.

Red krivulje kritičnog slučaja kojeg moramo primijeniti, računat ćemo po formuli:

$$\Theta = \frac{\varphi \cdot N + 100}{100}$$

Gdje je:

φ — učestalost prekoračenja pretpostavljenog stanja u mreži u jednom stoljeću, odnosno $\varphi = 5$

N — broj godina motrenja (za koje postoje hidrološki podaci, a koji su poslužili za proračun krivulja $h = a \cdot t^n$) — N = 20 godina

Θ — red krivulje kritičnih slučajeva oborina za koju dobivamo ovu učestalost.

Za konkretan slučaj imamo:

$$\Theta = \frac{5 \cdot 20 + 100}{100} = 2$$

tj. mjerodavna kiša za račun odvodne kanalske mreže dobit će se iz obrasca koji predočuje drugi kritični slučaj (druga kišna progresija). Taj obrazac za ovaj sliv glasi:

$$h = 26{,}3 \cdot t_k^{0{,}42}.$$

Proračun ćemo izvesti po kinematskoj metodi zbog određivanja približnih vrijednosti dimenzija kanala i po metodi akumulacije zbog određivanja konačnih vrijednosti.

a) Približan proračun po kinematskoj metodi

Upotrebom formule (3) za kritično vrijeme, za presjek 1 imamo:

$$t_k = 0{,}24\sqrt[3]{1{,}2 \cdot 1{,}9} = 0{,}316 \text{ dana,}$$

pa će biti:

$$h = 26{,}3 \cdot 0{,}316^{0{,}42} = 16{,}2 \text{ mm.}$$

Na temelju formule Turazze (1) izračunat ćemo modul odvodnje

$$u = 0{,}1157 \frac{0{,}70 \cdot 2 \cdot 16{,}2}{2 \cdot 0{,}316} = 4{,}16 \text{ l/sec/ha}$$

Po istom postupku izračunavaju se moduli odvodnje za sve ostale karakteristične presjeke, te se dobiveni rezultati tabelarno prikažu (tabela 3). Kako su parametri klimatske funkcije vjerojatnosti $h = a \cdot t^n$ računati na temelju promatranja oborina na pojedinim tačkama-stanicama, preporučljivo ih je reducirati za veće slivove. Za tu svrhu možemo upotrebiti obrasce Puppinia:

$$a' = a \left[1 - 0{,}084 \frac{A}{100} + 0{,}007 \left(\frac{A}{100}\right)^2\right]$$

$$n' = n + 0{,}014 \frac{A}{100}.$$

U ovom primjeru su parametri a i n reducirani po ovim obrascima (koeficijenti prikupljanja) samo za slivne površine veće od 1000 ha.

Nakon proračuna modula odvodnje određujemo dimenzije pojedinih karakterističnih presjeka. Usvojit ćemo trapezni oblik kanala, nagib pokosa 1 : 1,5 i $\gamma = 1{,}75$ u Bazinovoj formuli uz maksimalnu brzinu od v = 0,50 m/sec.

Kao što vidimo, proračun je izveden uz pretpostavku da se raspolaže s dovoljno pada terena, pa su korištene maksimalne dozvoljene brzine. Nadalje, promatrano područje ima veoma niske kišne intenzitete, pa su i specifična oticanja veoma mala.

b) Definitivan proračun po metodi akumulacije

Kao što smo već ranije napomenuli, ovaj račun može biti proveden upotrebom formule (34), uz uvjet da je $\sigma = 1$, jer se u ovom slučaju radi o vodi koja se ne kreće, te proračunom jediničnog fiktivnog volumena po obrascu (35). Shodno ranije postavljenim uslovima, pretpostavlja se da su kanali ispunjeni do kote terena. U formulu ćemo, međutim, unijeti i koeficijent prikupljanja ξ, kojeg smo ranije, kao što je bilo napomenuto, izostavili. Račun počinjemo s presjekom br. 1, koristeći prethodno određene dimenzije.

Kanali

$$V = \frac{1{,}0 + 5{,}2}{2} \cdot 1{,}4 \cdot 1400 = 6080 \text{ m}^3$$

Sisavci

Uz pretpostavljeni razmak sisavaca od 50 m, prosječnu dubinu vode od 0,6 m, imali bi u njima akumulirano 90 m³/ha. Ovu ćemo količinu smanjiti

Tabela 3

Karak. presjek	A ha	L km	a′	n′	t_k dana	h mm	u′ l/sec/ha
1	120	1,9	26,3	0,42	0,316	16,2	4,16
2	240	3,4	26,3	0,42	0,483	19,4	3,25
3	480	4,2	26,3	0,42	0,657	22,0	2,71
4	960	5,0	26,3	0,42	0,873	24,8	2,30
5	1440	5,8	26,1	0,42	1,050	26,8	2,07
6	1920	6,2	25,9	0,42	1,185	28.3	1,93

Tabela 4

Karak. presj.	u′ l/sec/ha	A ha	Q′ m³/sec	H′ m	l′ m	v m/sec	i′	potez m
1	4,16	120	0,499	0,60	1,0	0,50	0.00159	1400
2	3,25	240	0,780	0,70	1,2	0,50	0,00106	1500
3	2,71	480	1,301	0,80	2,0	0,50	0,00072	800
4	2,30	960	2,208	1,00	3,0	0,50	0,00048	800
5	2,07	1440	2,981	1,20	3,5	0,50	0,00039	800
6	1,93	1920	3,667	1,30	4,0	0,50	0,00030	400

Druga aproksimacija

Tabela 5a

presjek	$V_{parc.}$	V_{uk}	V_0	v_1'	v_1''	v_1'''	v_1
1	6080	6080	1600	0,00439	0,00600	0,00100	0,01139
2	7780	13860	3940	0,00493	0,00600	0,00100	0,01193
3	5630	33350	9925	0,00583	0,00600	0,00100	0,01283
4	8220	69290	21425	0,00598	0,00600	0,00100	0,01298
5	10420	107430	34395	0,00611	0,00600	0,00100	0,01311
6	6000	141150	45370	0,00601	0,00600	0,00100	0,01301

Druga aproksimacija

Tabela 5b

presjek	v_1	k	ξ	m	u_2
1	0,01139	0,70	1,000	1,5	1,59
2	0,01193	0,70	1,000	1,5	1,48
3	0,01283	0,70	1,000	1,5	1,34
4	0,01298	0,70	1,000	1,5	1,31
5	0,01311	0,70	0,992	1,5	1,28
6	0,01301	0,70	0,983	1,5	1,26

Druga aproksimacija

Tabela 5c

presjek	u_2	A	Q'	H	l	v	i	potez
1	1,59	120	0,191	0,3	0,8	0,5	—	1400
2	1,48	240	0,355	0,5	0,8	0,5	—	1500
3	1,34	480	0,644	0,6	1,2	0,5	—	800
4	1,31	960	1,260	0,8	1,8	0,5	—	800
5	1,28	1440	1,845	1,0	2,2	0,5	—	800
6	1,26	1920	2,420	1,2	2,4	0,5	—	400

za 30% zbog zamuljenosti, urušavanja i sl., te ćemo konačno dobiti 60 m³/ha.

$$V = 60\ m^3 \cdot 120\ ha = 7200\ m^3$$

Površina zemljišta

Možemo usvojiti prosječnu akumulaciju na površini zemljišta od 10 m³/ha.

$$V = 10\ m^3 \cdot 120\ ha = 1200\ m^3$$

Volumen akumulirane stagnirajuće količine vode u kanalima u momentu nailaska maksimalnog vodnog vala iznosi:

$$V_0 = \frac{1,0 + 2,8}{2} \cdot 0,6 \cdot 1400 = 1600\ m^3$$

dok se za taj slučaj sisavci i površina zemljišta mogu smatrati praznima.

Prema tome, imamo slijedeće fiktivne jedinične volumene:

kanali (obrazac 35)

$$v' = \frac{6080}{1200000} \left[1 - \left(\frac{1600}{6080} \right)^{1,5} \right] = 0,00439,$$

dok ćemo za sisavce i površinu zemljišta uzeti efektivne vrijednosti, budući tu nismo imali nikakve prethodne akumulacije.

$$\text{sisavci} \quad v_1'' = 60\ m^3/ha = 0,00600$$

$$\text{površina} \quad v_2''' = 10\ m^3/ha = 0,00100.$$

Prema tome imamo:

$$v_1 = v_1' + v_1'' + v_1''' = 0,00439 + 0,00600 + + 0,00100 = 0,01139$$

Za $\sigma = 1$ $K = 0,70$ $\xi = 1,00$ $m = 1,50$,

i upotrebom obrasca (34) imamo:

$$u_2 = (30 \cdot 1,5 + 60)\, 0,42 \cdot 0,01139^{\frac{0,42-1}{0,42}} \cdot (0,70 \cdot 1,000 \cdot 0,0263)^{\frac{1}{0,42}}$$

$$u_2 = 1,59\ 1/sec/ha.$$

Budući da se ovaj modul odvodnje znatno razlikuje od onog računatog po približnoj metodi, račun treba ponavljati sve dotle dok se ne postigne zadovoljavajuća tačnost. Nastavno iznosimo rezultate računa za sve ostale presjeke (tabela).

Prelazimo sada na račun treće aproksimacije, jer nam odstupanje mora biti u granicama od bar 5% (na veću tačnost za sada ne idemo).

Treća aproksimacija

Tabela 6a

presjek	$V_{parc.}$	V_{uk}	V_0	v_2'	v_2''	v_2'''	v_2
1	3775	3775	525	0,00280	0,00600	0,00100	0,00980
2	5360	9135	1685	0,00350	0,00600	0,00100	0,01050
3	3700	21970	4380	0,00416	0,00600	0,00100	0,01116
4	5380	45620	9670	0,00430	0,00600	0,00100	0,01130
5	7060	70950	16000	0,00441	0,00600	0,00100	0,01141
6	4320	93540	20910	0,00436	0,00600	0,00100	0,01136

Treća aproksimacija

Tabela 6b

presjek	v_2	k	ξ	m	u_3
1	0,00980	0,70	1,000	1,5	1,94
2	0,01050	0,70	1,000	1,5	1,76
3	0,01116	0,70	1,000	1,5	1,63
4	0,01130	0,70	1,000	1,5	1,59
5	0,01141	0,70	0,992	1,5	1,55
6	0,01136	0,70	0,983	1,5	1,52

Treća aproksimacija

Tabela 6c

presjek	u_3	A	Q	H	l	v	i	potez
1	1,94	120	0,233	0,3	1,0	0,5	0,00377	1400
2	1,76	240	0,422	0,5	1,0	0,5	0,00189	1500
3	1,63	480	0,782	0,6	1,6	0,5	0,00106	800
4	1,59	960	1,530	0,8	2,6	0,5	0,00065	800
5	1,55	1440	2,230	1,0	3,0	0,5	0,00048	800
6	1,52	1920	2,920	1,2	3,2	0,5	0,00038	400

Vrijednosti u drugoj i trećoj aproksimaciji razlikuju se u prosjeku za oko 20%, pa bi račun trebalo ponoviti.

Kontrolnim proračunom za dva presjeka je utvrđeno da vrijednosti u IV aproksimaciji ne odstupaju za više od 5% od ovih u trećoj aproksimaciji, pa račun nećemo ponoviti, već ćemo treću aproksimaciju smatrati konačnim rezultatom. Četvrta aproksimacija daje vrijednosti za oko 4% manje od ovih, pa ćemo radi sigurnosti usvojiti ove veće.

Ovdje se može uočiti kako su naročito velika odstupanja ovih dviju metoda kod malih slivnih površina (čak preko 100%), dok se vrijednosti za velike slivove uglavnom podudaraju (odstupanja oko 20%). Razlog za ovo leži u nepodesnosti formule za kritično vrijeme, koje kod malih slivova daju prevelika odstupanja, kao što je to već na početku izlaganja i naglašeno. Ponekad se vrijednosti u prvoj aproksimaciji ne računaju po kinematskoj metodi, nego se pretpostave — za male površine je čak to ponekad i povoljnije jer se prije može doći do rezultata. Da bi se olakšao proračun, odnosno da se eventualne zabune i greške svedu na minimum, dobro je sve parcijalne rezultate tabelarno prikazivati. Osim toga, kod velikog broja presjeka račun se može pojednostaviti i ubrzati ako se izrade podesni grafikoni i nomogrami za pojedine obrasce i parcijalne vrijednosti.

Nije potrebno naglašavati kolike se uštede postižu računom po ovoj metodi. Dok je ukupni volumen mreže po kinematskoj metodi prelazio 140.000 m³ iskopa, dotle metoda akumulacije u trećoj aproksimaciji daje nešto preko 100.000 m³, a u četvrtoj bi se ta vrijednost i nešto smanjila. Uzimajući u obzir i prateće objekte, obaloutvrde i sl. koje dolaze u sistemu, možemo slobodno reći da uštede na investicijama prelaze vrijednost od 40%. Dakako, ovo se odnosi na zamišljeno melioraciono područje, ali nema sumnje, velike će se razlike pokazati u bilo kojem drugom primjeru, pa se ovaj proračun smatra korisnim.

MONTAŽNA KATNA OPLATA

Ing. Ante Vukov, Split

Svaka novost u građevinarstvu donosi i izmjene u tehnici građenja. Tanki konstruktivni zidovi ubrzali su uvođenje katne oplate, koja se ubrzo raširila zahvaljujući prednostima koje je donijela: brže građenje, ekonomičnost i kvalitet. Već u nekoliko navrata pisalo se o katnoj oplati. Ovdje će biti govora o montažnoj katnoj oplati od ukočene ploče, koja se s uspjehom upotrebljava u poduzeću »Ivan Lavčević« u Splitu. Prva primjena ove oplate bila je početkom 1963. godine, u Splitu, zatim se primjenila na građevinama u Šibeniku, Pločama, te turističkim objektima u Baškoj Vodi. Najmasovnija upotreba je međutim u izgradnji mikro-rajona »Bol« u Splitu, gdje je u toku izgradnja 800 stanova.

Pored ekonomičnosti u materijalu i radnoj snazi ova katna oplata pridonijela je napretku u brzini i tehnici građenja. Svojim glatko vibriranim betonskim površinama omogućila je da se izbaci klasično žbukanje, a time znatno ubrza i pojeftini stambena izgradnja. Ovo je tim značajnije ako se ima na umu nestašica kvalificirane radne snage. Primjena ove oplate je osobito značajna u jadranskom području gdje je beton osnovni građevinski materijal.

Prvi od objekata izveden ovom oplatom su objekti »Autokaroserija« u Splitu, stambeni objekti u Šibeniku, te građevine u Pločama, tako da je postignuta njena primjena preko 80 puta.

Elementi oplate sastoje se iz otporne ploče 18 mm debljine, ukrućene drvenim kosturom. Ploča se sastoji iz neparnog broja ljuštenog bukovog furnira ljepljenog u okomitim slojevima. Vidljiva površina je presvučena specijalnim sintetičkim folijama, koje su potpuno inertne u dodiru s betonom. U trgovini se ova šperploča naziva »oplata«.

Debljina ploče, razmaci i dimenzije ukrućenja proračunati su na pritisak od 3000 kg/m² uz maksimalnu deformaciju od 1/500. Pri projektiranju oplate vodilo se računa o troškovima, koji ovise o debljini ploče, razmaku ukrućenja drvenog kostura, odnosu cijena drvene građe i ploče, konzistenciji betonske mase, dopuštenih deformacija na zidu, veličini i težini elemenata, mogućnost manipulacije, brzini montaže i demontaže, te konačno o troškovima finalne obrade zida.

Usporedba utroška građe u klasičnoj i montažnoj oplati

Materijal	Mjera	Klasična oplata	Montažna oplata
Drvena građa	m³/m²	0,0680	0,0261
Ploča	m³/m²	∅	0,0176
Ukupno	m³/m²	0,0680	0,0437
%		100%	64,2%

Dimenzioniranje ploče obavio je autor ovog članka prema francuskim dijagramima, koji su dati za ovakvo dimenzioniranje[1]. Pokazalo se, međutim, da se ovi dijagrami mogu koristiti samo orijentaciono. Da bi se olakšalo dimenzioniranje, obavljena su mjerenja i dobijen je približni prosječni modul elastičnosti i Poissonov koeficijent.

Na sl. 1 se vidi ploča pod opterećenjem i mikrouređaji na kojima se očitaju deformacije. Iz opterećenja, uslova oslanjanja i deformacije može se izračunati modul elastičnosti i Poissonov koeficijent.

Ispitivanje modula elastičnosti obavljalo se na uzorcima 20 × 64 cm, po 2 komada za pojedinu debljinu ploče. Statička shema je uzeta kao prosti nosač raspona 60 cm, opterećen sa dvije koncentrične sile u trećinama raspona. Opterećenje se nanosilo opekama preko jahača. Progib se mjerilo mikrourom u sredini raspona. Debljina ploča mjerena je mikrovijkom na 4 mjesta.

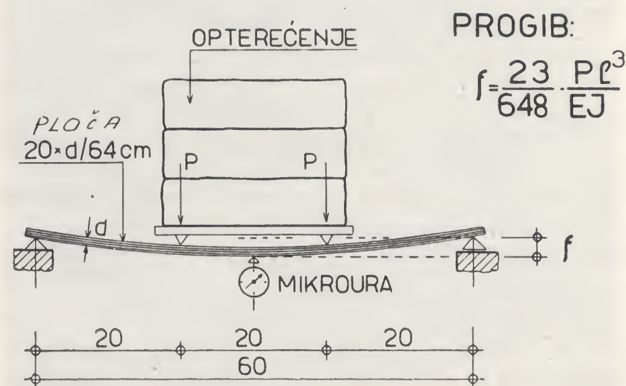
Odstupanje prosječne debljine šperploče od tvorničke mjere iznosilo je do 2,7%, a odstupanje debljine na četiri mjerena mjesta iznosilo je do 10%, što pokazuje znatnu neujednačenost u proizvodnji. Progibi su slijedili deformaciju do naprezanja na savijanje od oko 60 kg/cm², iznad čega su deformacije naglo rasle u zavisnosti o trajanju opterećenja.

Proračun modula elastičnosti obavljen je po ovim formulama:

$$f = \frac{23}{648} \cdot \frac{P \cdot l^3}{E I} \quad \text{ili} \quad E = \frac{23}{648} \cdot \frac{P \cdot l^3}{f \cdot I}$$

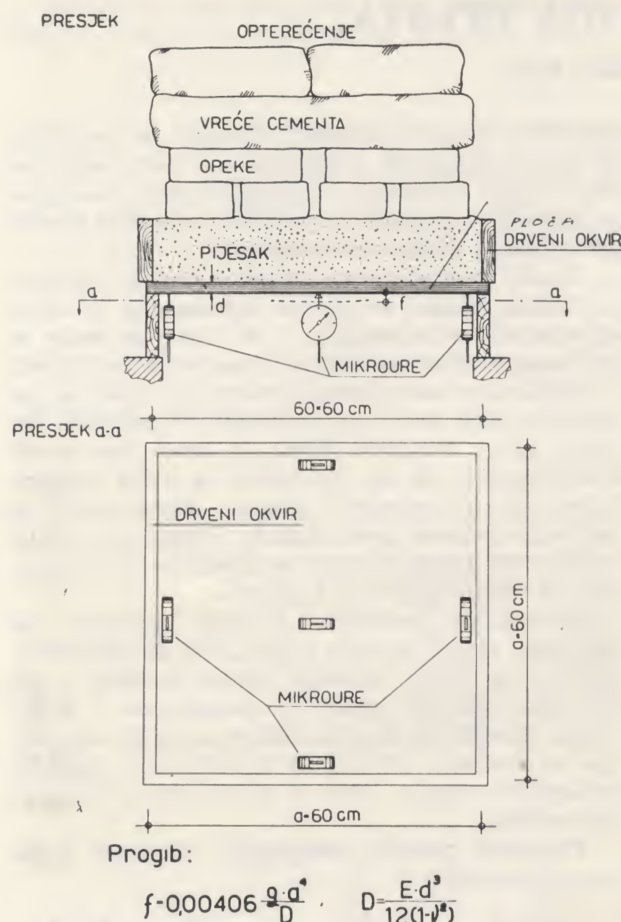
Proračunati moduli elastičnosti:

E (kg/cm²)	Debljina ploče		
	8 mm	15 mm	18 mm
Maksimalno	82 800	68 500	66 800
Minimalno	68 800	61 000	64 400
Srednje	75 800	64 700	65 600



Sl. 1: Shema ispitivanja progiba ploče kao prostog nosača

[1] Vidi »Šperploča u građevinarstvu« Sarajevo 1962.



Sl. 2: Shema ispitivanja progiba ploče kao kvadratne ploče

Kod ploča debljine 15 i 18 mm nisu se pokazala odstupanja pri mjerenju E u dva okomita smjera, dok kod ploče 8 mm ova odstupanja su iznosila 20,6%, što je i razumljivo jer debljina furnira i smjer ljepljenja ima daleko većeg utjecaja kod tanjih ploča negoli kod debljih.

Pri naprezanju ploča na savijanje iznad 60 kg/cm² deformacije su zavisile o trajanju opterećenja, te su primijećene trajne deformacije.

Oplata je riješena sa četiri standardne table širine 50, 60, 70 i 150 cm (T1, T2, T3, T4), te dva kutna elementa širine 2 × 25 i 2 × 45 cm (K_1 i K_2). Širine ovih tabli su tako odabrane da se njihovom kombinacijom može sastaviti oplata na bilo koji tlocrt debljine zidova 20 cm. Uz neznatne izmjene kutnih elemenata oplata se može podesiti za zidove različitih debljina.

Oplate se izrađuju u stolarskoj radionici, dok na gradilištu preostaje samo sklapanje elemenata prema unaprijed razrađenom planu. Na ovaj način izbjegnuto je svako »krojenje« oplate na gradilištu. Rad s oplatom može se povjeriti i manje kvalificiranoj radnoj snazi, postiže se veća brzina u radu, skraćuju se pripreme na gradilištu, te konačno se postiže ušteda u gradnji.

Dajemo kombinacije tabli za sastavljanje oplata pojedinih dužina.

Dužina oplate	Vrsta tabli
100 cm	$2T_1$
110 cm	$T_2 + T_3$
120 cm	$2T_2$
130 cm	$T_2 + T_3$
140 cm	$2T_3$
150 cm	T_4
160 cm	$2T_1 + T_2$
170 cm	$T_1 + 2T_2$ ili $2T_1 + T_3$
180 cm	$3T_2$ ili $T_1 + T_2 + T_3$
190 cm	$T_1 + 2T_3$ ili $2T_2 + T_3$
200 cm	$T_1 + T_4$ ili $T_2 + 2T_3$
itd.	itd.

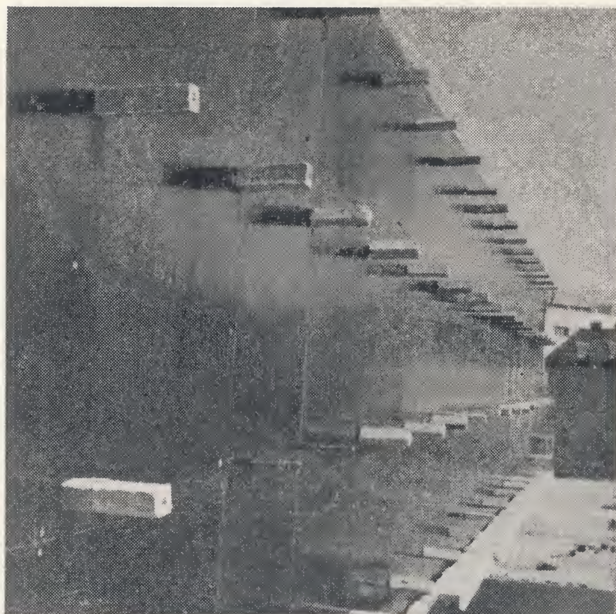
U prvoj primjeni oplate, table su bile zastupljene ovako: T_1 — 2%, T_2 — 15%, T_3 — 2%, T_4 — 75%, K_1 — 4%, i K_2 — 2%. Da se postigne što manje sudarnih reški, težilo se za većim brojem tabli T_4 (zastupljena sa 75% ukupne površine oplate).

Bilo je pokušaja da se uvede veći broj različitih širina tabli, čime se međutim nije postigla prednost pri sklapanju oplate, a otežano je sortiranje i snalaženje na gradilištu.

Table je potrebno postavljati prema nacrtu, tačno jednu nasuprot druge. Vertikalno podešavanje tabli (uslijed neravnosti poda) postiže se utiskivanjem drvenih klinova. Na tabli su izbušene 4 rupe ∅ 200 mm po vertikali, kroz koje prolaze svornjaci za stezanje. Jedna od teškoća kod svih katnih oplata je održavanje određene debljine zida. Ovdje je to riješeno tako, da se na svaki svornjak



Sl. 3: Pogled na objekat »Autokaroserija« u gradnji



Sl. 4: Pogled na unutarnju stranu oplate



Sl. 5: Transport

za stezanje postavi probušeni betonski uložak, koji osigurava debljinu zida i spriječava vezanje betona za tijelo svornjaka. Dotjerivanje oplate u pravcu postiže se betonskim vodilicama na ploči visine 4—6 cm. Horizontalno ukrućenje oplate postiže se teleskopskim čeličnim podupiračima (sl. 3).

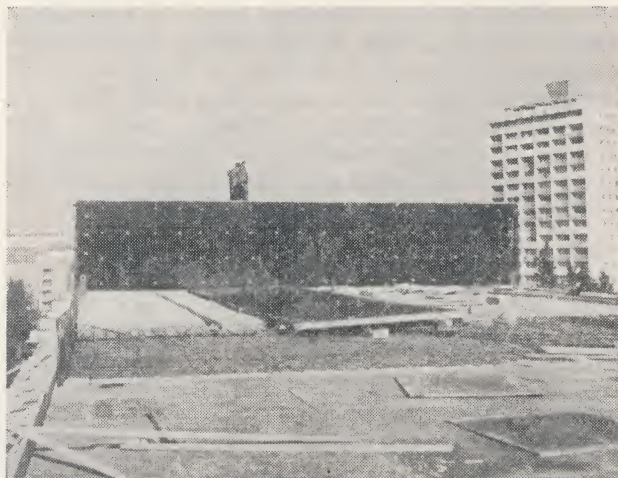
Pomoću viska i navoja na podupori oplata se može brzo i tačno postaviti u vertikalu (sl. 7). Teleskopske čelične podupore trebaju se odupirati o drvene gredice pritegnute o pod ubetoniranim betonskim željezom ∅ 6—8 mm, zaglavljenim u tzv. bravu. U kasnijem toku gradnje odustalo se od ovakvog načina pritezanja zbog lošeg kvaliteta natezne glave, kojom se nije mogla postići odgovarajuća pritezna sila, tako da je dolazilo do klizanja drvene gredice po betonskoj ploči. Rad je i dalje nastavljen kopanjem udubina u betonu ploče o koju se odupiru teleskopske čelične podupore. Ovaj način treba svakako odbaciti, jer pored nesolidnog rada oštećuju se stropne ploče.



Sl. 6: Dotjerivanje oplate u vertikalu



Sl. 7: Postavljanje betonskih razupirača



Sl. 8: Pogled na unutarnju stranu oplate zida

Najosjetljivije mjesto kod svih katnih oplata je spoj između dva elementa, koji je ovdje uspješno riješen na vrlo jednostavan način: table su uzdužno povezane s 3 standardna svornjaka ∅ 12 mm, koji onemogućavaju razdvajanje tabli, dok u poprečnom smjeru u istoj ravnini su pridržane sistemom naizmjenično postavljenih razupirača, tako da kod dobro izvedenih tabli nema gotovo nikakvih istupanja tabli iz ravnine.

Vibriranje betonske mase oplatnim vibratorima nije se pokazalo uspješno, tako da se prešlo na pervibratore. Da se ne ošteti zaštitni sloj na ploči, preporuča se iglu pervibratora obući u gumeno crijevo.



Sl. 9: Betoniranje zida u oplati

Nakon skidanja oplate treba table očistiti od betona, te ih premazati uljem razređenim s vodom u omjeru 1 : 10. U nedostatku oplatnog ulja, table se premazuju tankim filmom vretenastog ili transformatorskog ulja.

Iz iskustva na navedenim objektima ustanovljeno je znatno pojeftinjenje oplate, i to:

na materijalu cca 70%
na radnoj snazi cca 58%, odnosno
na materijalu i radnoj snazi cca 64%.

Ukupna ušteda može se dobiti tek kad se uzme u analizu finalno obrađena površina zida. Prema



Sl. 10: Pogled na gradilište »Bol« u Splitu

analizama i ponudama izvođača na gradilištu Bol — Split, dobivene su slijedeće cijene:

1. Zid u klasičnoj (drvenoj) oplati:

oplata	2592	Din/m²
žbukanje	1834	„
bojenje	221	„
Ukupno	4647	Din/m²

2. Zid u montažnoj oplati:

oplata	924	Din/m²
brušenje i krpanje	527	„
bojenje	221	„
Ukupno	1672	Din/m²

To sve skupa čini uštedu od 2975 Din/m², ili 64,0%, odnosno samo za ovo naselje (Bol) 229 miliona dinara.

CESTOVNA VEZA GRADA RIJEKE SA SJEVERNIM PODRUČJEM

Ing. Josip Sakoman, Inženjerski projektni zavod, Zagreb

Dugi razvučeni prostor koji danas zaprema grad Rijeka, na potezu od Preluke do Bakarskog zaljeva, imade naročito oskudne cestovne veze prema sjeveru. U stvari danas postoji samo stara cesta »Lujzijana«, koja vodi od centra grada, preko Orehovice, na Grobničko polje i dalje prema Zagrebu.

Upravo taj sektor od Delte u Rijeci do Grobničkog polja veoma je opterećen prometom. Taj dio nije bio, prilikom poslijeratne rekonstrukcije ceste Zagreb—Rijeka, uopće uređivan; samo je na njemu donekle popravljan, bolje rečeno kako-tako održavan, stari asfaltni kolovoz.

Sadašnje je stanje takvo, da spoj od Grobničkog polja u centar grada nikako ne odgovara za kombinirani, laki i teški promet, koji tuda mora prolaziti. Poteškoće su povećane još time što sadašnja cesta prolazi kroz naselja: Orehovica, Svilno, Buzdohanj, Čavli, Soboli, koja su na toj cesti izrasla, te što je na njoj širina kolnika svedena na jedva pet-šest metara. Uzduž ceste nisu izgrađeni pločnici za pješake, niti velika stajališta za lokalne autobusne linije. Radijusi zavoja su maleni, ponegdje su oni veličine od desetak metara, a uzdužni je pad pri tome, i na dužim potezima, prekoračio 8%, a to je u stvari jedina veza Rijeke sa Zagrebom.

Iako se u posljednje vrijeme počelo više govoriti o predstojećoj izgradnji nove ceste Zagreb—Karlovac—Rijeka, jedno je sigurno: nezavisno o toj novoj cesti treba što prije urediti i poboljšati sadašnju cestu, upravo na tom potezu koji je opterećen i lokalnim i daljinskim prometom. Spoj Rijeke sa spomenutim naseljima, te s Grobničkim poljem, na kojemu se nalaze zalihe šljunka i pijeska potrebne za izgradnju u gradu, te aerodrom i neke industrije, sada je i bit će u budućnosti najvažnija veza Rijeke od mora prema kopnu, bez obzira na to da li će nova cesta Zagreb—Rijeka nailaziti upravo ovuda ili nekim drugim smjerom.



Sl. 1; Položajni nacrt

Proširenje i modernizacija riječke luke i rafinerije, izgradnja nove rafinerije u Urinju, razvoj brodogradilišta i ostale industrije, te sve veći razvoj turizma, čine važnim uređenje cestovnih grana grada Rijeke. Napose, treba istaći, nagli razvoj luke, koja zahtijeva sve veće proširenje poslovnog prostora, modernizaciju proizvodnje, a to imade za posljedicu sve veći promet na cestama.

Sagledavajući u vezi s tim ekspanzivni porast saobraćaja na cestama, a naročito u ljetnom periodu, nužno je potrebno pristupiti studijama razvoja saobraćaja u cjelini, ali paralelno s tim parcijalno donositi i ostvarivati neka rješenja, koja neće odstupati od općih koncepcija, a služiti će za poboljšanje današnjih često vrlo teških prilika.

Broj mogućih upadica, s obzirom na iskorišćenje prirodnog reljefa terena u Rijeci, neobično je malen, a kako je ovaj smjer o kojem govorimo jedan od takvih, sigurno je da se ne može uopće postavljati pitanje, da se ta cesta preuređuje. Potrebno je samo izabrati ono što će biti perspektivno dovoljno, te što je već danas ekonomski opravdano učiniti, pa to odmah izgraditi.

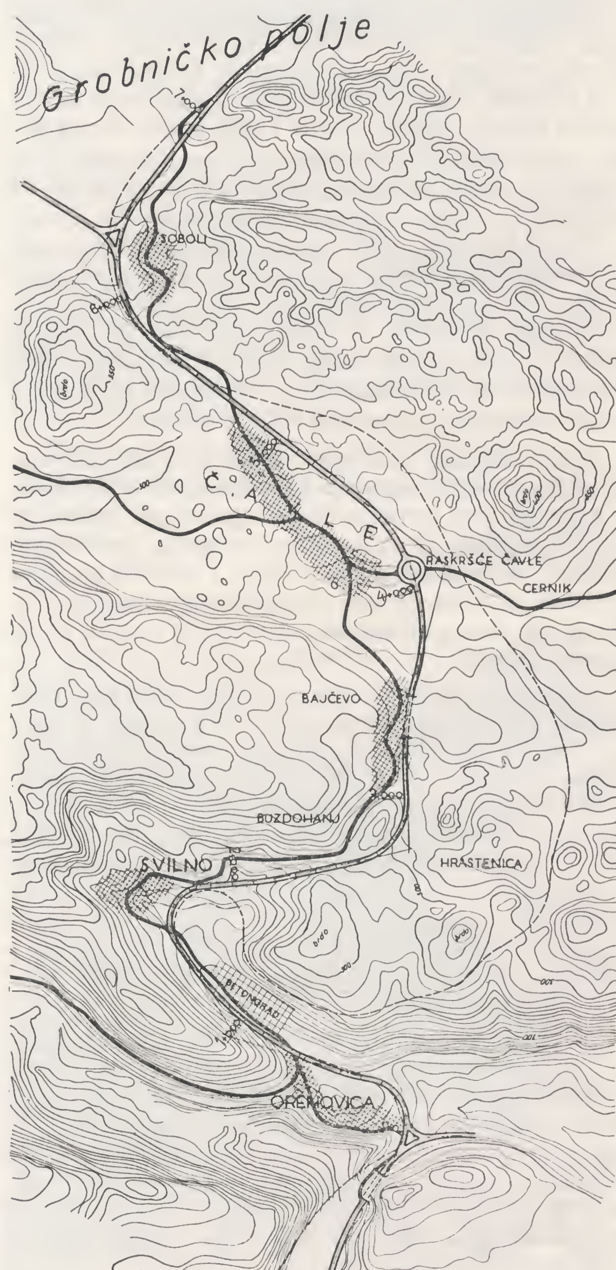
Jedan dio tih problema je dionica ceste od Grobničkog polja (preko Orehovice kao budućeg velikog križanja) do Rijeke, koja onakva kakva je danas ne odgovara tehničkim zahtjevima: po propusnoj moći, brzini, širini, usponima, zavojima, preglednosti, opterećenju, ni sigurnosti saobraćaja. Sve brža izgradnja prigradskih naselja, izgradnja individualnih stambenih zgrada u neposrednoj blizini cestovnog tijela, izgradnja tvornice betonskih proizvoda, samo su neki činioci koji otežavaju ionako već teške saobraćajne prilike na tom dijelu važne upadice dolinom Rječine u Rijeku.

Prosječni podaci o gustoći prometa na toj dionici iz 1965. godine pokazuju, da je godišnji prosjek u toku dana (od 24 časa) preko 1600 svih vozila s oko 95.000 bruto tonskih kilometara. Ako uzmemo u obzir da su to samo prosječne godišnje vrijednosti, a da se za vrijeme najopterećenijeg dana, ili u vršku, taj broj nekoliko puta povećava, te da podaci za 1966. godinu pokazuju znatno povećanje, hitnost u rješavanju tog problema je neophodna.

Budući da je ovdje potrebna najveća brzina, promatrali smo jednu od varijanata rekonstrukcije te

ceste po kojoj bi izgradili suvremenu arteriju, uz osnovnu postavku, da dionica od Orehovice do Grobničkog polja ne bude nikako duža nego je danas, jer je zbog intenzivnog prometa svako produženje trase ekonomski neopravdano.

Trasa predložena od Inženjerskog projektnog zavoda (odjel Prof. K. Tonkovića) duga je oko 7 km, od raskršća Orehovica do Grobničkog polja. Na skici se vidi sadašnja cesta, puna izvučena linija, sa naseljima, kroz koja prolazi te priključcima i križanjima. Na početku dionice nova trasa je odmaknuta istočnije od postojeće ceste i naselja Orehovice, što omogućava veću preglednost i dobar ulazak u buduće raskršće. Kod nove tvornice »Betograd« trasa je pomaknuta što dalje od tvornice, tako da bi sadašnja cesta, koja vodi uz nju, ostala kao poslužna cesta tvornice. Dalje trasa obilazi naselja i prolazi danas slobodnim prostorima i priključuje se na postojeću cestu u pravcu kod ulaska u Grobničko polje. U km 3 + 300 predviđeno je (kod Buzdohanja) probijanje jednog tunela dužine kojih 200 m; drugih većih objekata nema. Zanimljivo je, da bi takva nova cesta imala samo ograničeni broj raskršća i priključaka, jer bi postojeća cesta ostala kao sabirna ulica kroz naselja, koja su već sada u stvari sastavni dio grada. Na novoj trasi predviđena su svega četiri raskršća, zajedno s početnim u Orehovici i završnim neposredno na Grobničkom polju.



Sl. 2: Situacija

U uzdužnom profilu se vidi, da se trasa može ostvariti s usponom od kojih 6,4% na najstrmijem dijelu; ostali su usponi neznatni.

Osim ove trase, drugi su projektanti razmatrali još dvije, u principu, podesne trase. Prva je, da se napusti današnji smjer, pa da se cesta po Grobničkom polju produži sve do Rječine i da se zatim ide kotlinom Rječine sve do Kozale, po desnoj strani kanjona. Ta trasa je znatno duža, zahtijeva most na Rječini i prolazi terenom s osulinama. Slično je rješenje ako trasa ne prijeđe rijeku, nego da ide kanjonom po lijevoj strani do Orehovice. Ova je trasa duga cca 9 km, dakle znatno duža, a prolazi terenom s osulinama.

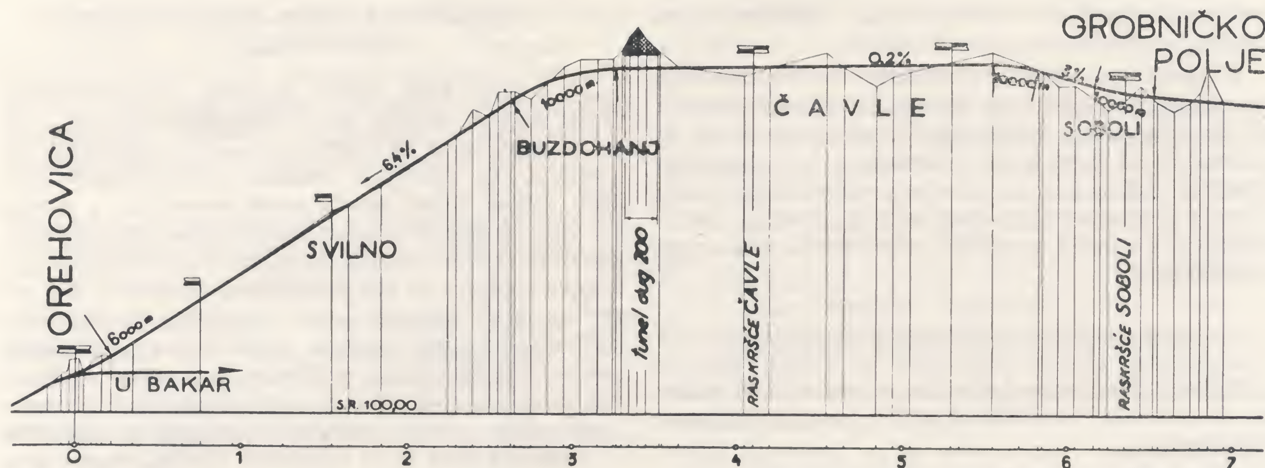
Druga je trasa, koja ide od Čavli prema istoku, pa se razvija na padinama povrh Orehovice, da bi se zatim spustila u to mjesto. I ta trasa je duža, ona imade cca 8 km, a ide dosta dugim dijelom bez spuštanja, po ravnom, da bi se zatim razvijala u spustu na raskršće Orehovicu.

Obje ove trase nemaju tunela, pa im je to stanovita prednost.

Budući da smatramo da je produživanje trase bitni nedostatak, to smo potražili takvo rješenje koje će dati kraću trasu. Činjenica da treba izgraditi jedan tunel dug kojih 200 metara, u kamenom tlu, nije takva da bismo od rješenja trebali zazirati. Dobitak koji se tom trasom može postići nesrazmjeran je izdatku za izgradnju tunela, koji uz to ne predstavlja zapravo nikakav građevinski problem.

U poprečnom profilu ceste predvidjeli smo dvije trake širine 7,5 m, koje bi bile odvojene zelenim pojasom širokim 2 m, a s obje su strane predviđeni hodnici širine po 2,25 m.

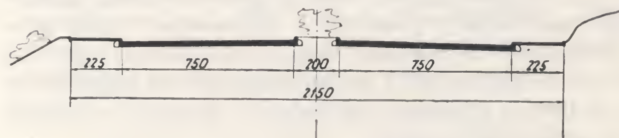
Kao što se vidi, poprečni profil nove arterije je izraziti profil jedne buduće gradske ulice, a upravo smo to htjeli i postići. Grad Rijeka mora ovim smjerom dobiti jednu modernu cestovsu aveniju. Naravno, da se takva ulica može graditi i postepeno najprije u pola širine, a zatim je po potrebi proširiti. Prednost je naše trase, da se ona može izgraditi i po dužini u tri etape, koje se — čim budu one gotove — mogu odmah predati u promet. Na primjer, prvi sektor od Orehovice do Svilna se može vrlo jednostavno odmah izgraditi i eksploatirati, a isto tako se može učiniti i s drugim sektorom od Svilna



Sl. 3: Uzdužni profil

do Čavli, ili pak od Čavli do Soboli, ili pak od Soboli do Grobničkog polja. Tako se čitav zahvat može uz male, neprimjetne, investicije ostvariti i eksploatirati odmah.

Prema sadašnjim cijenama možemo reći da bi ukupna investicija za čitavu širinu od 21,5 m iznosila oko 25 miliona novih dinara, zajedno s tunelom. Prva dionica od Orehovice do Svilna bi stajala opet za čitavu širinu oko 7 miliona novih dinara. Bilo bi povoljno, da se ta prva dionica gradi odmah u punoj širini, da se time zacrta arterija u budućnosti.



Sl. 4: Poprečni presjek ceste

Predviđamo, da se ta cesta spoji u sadašnjem nivou na raskršću Orehovice, te da se na isto takve širine, ili još širja produži dalje prema centru grada po trasi sadašnje ceste.

Ako računamo da će se time za svaki t/km postići ušteda, prema današnjoj dužini, u kilometrima 0,4, to znači da će se godišnje na skraćenju dužine trase uštediti oko 2 miliona novih dinara. Ako dalje računamo da će se po novoj cesti vozila kretati s prosječnom brzinom od 80 km, a po sadašnjoj se ona mogu kretati tek s prosječnom brzinom od 30 km/sat, to znači da će se godišnje uštedjeti na vremenu vozila u upotrebi od cca 100000 sati.

Ako uzmemo cijene od t/km 0,20 din, a da je sat »čekanja« vozila tj. gubitak u vremenu kamiona 50 din, to znači da će se time (uz pretpostavku da promet ostane jednak onom iz 1965.) godišnje uštedjeti 5 miliona novih dinara. K tome, prema općim podacima prometa, možemo reći, da će se za pet godina promet podvostručiti. Znači, da će se u slijedećih pet godina na toj relaciji, ako se ne izgradi nova cesta, izgubiti u nepovrat vrijednost od zaokruženo cca 50 miliona novih dinara.

Odnosi potrebne investicije i amortizacije, odnosno sadašnjih gubitaka, ovime su dovoljno ilustrirani.

Kratke vijesti

DA LI ĆE CESTE VRAĆATI U NJIH ULOŽENI NOVAC I STVARATI SREDSTVA ZA VLASTITO ODRŽAVANJE

Sadašnji sistem financiranja cesta ne osigurava ni njihovo normalno održavanje, a još manje stvara mogućnosti za gradnju novih — mišljenje je predstavnika komuna sa područja riječkog kotara (Istra, Gorski kotar i Hrv. primorje), koje su komune zainteresirane za temeljitu modernizaciju cesta, kao i za gradnju novih. Čak ni povećani iznosi za održavanje cesta, koji se očekuju u ovoj godini, neće moći pokriti sve veće potrebe.

Trenutna situacija je rezultat toga što se ceste ne tretiraju kao privredni objekti, koji treba da u određenom vremenu vrate uloženi novac i da stvaraju dovoljno sredstava za vlastito održavanje. A to se odnosi uglavnom na sve magistralne ceste u riječkom kotaru. Pretežno su te ceste građene prije 30 i više godina, pa one ne mogu izdržati sadašnje opterećenje, kao ni sadašnji opseg prometa. Na primjer, dijelom Jadranske magistrale Kopar—Pula—Rijeka prođe godišnje oko 2,5 milijuna vozila, a na cesti koja povezuje Rijeku s Trstom i Ljubljanom u 1966. u jednom danu izbrojeno je 18.000 vozila. Tek nešto manji je promet na cesti prema Zagrebu, a u turističkoj sezoni ostali dio Jadranske magistrale, koji iz Rijeke vodi prema jugu, opterećen je više od propusnosti ceste.

Upravo intezivan promet na tim glavnim saobraćajnicama u Riječkom kotaru daje priliku da se na gradnju novih magistralnih cesta gleda kao i na svaki drugi poslovni pothvat, jer velika frekvencija vozila

omogućava relativno brzo vraćanje uloženog novca, pa čak i ostvarivanje stanovite dobiti.

U posljednje vrijeme u riječkom kotaru izučavaju se mogućnosti aktiviranja domaćeg i stranog kapitala za gradnju nekih najvažnijih magistralnih cesta na kojima bi se naplaćivala cestarina i tako osiguralo vraćanje uloženog novca. Gradnja cesta tog tipa, koje bi trebale odgovarati kvaliteti pravih autocesta, neposredno bi djelovala na daljnji priliv vozila, prije svega turističkih.

IZGRADNJA TURISTIČKIH OBJEKATA

Do nastupa glavne turističke sezone u 1967. sagradit će se brojni turistički objekti u raznim krajevima Jugoslavije.

Na graničnom prijelazu prema Bugarskoj, u Dimitrovgradu, ljubljansko turističko poduzeće »Kompas« sagradit će hotel, autokamp, restoran, benzinsku stanicu i druge objekte. Dovršit će se i gradnja ovakvih servisnih objekata na graničnim prijelazima prema Italiji: Fernetiči, Lazaret, i Nova Gorica. U raznim krajevima naše zemlje sagradit će se još 170 benzinskih stanica. Do glavne sezone bit će završena izgradnja i oprema oko 100 novih hotela sa oko 20.000 ležajeva. U toku je i proširenje mreže suvremenog kolovoza. U godini 1967. očekuje se posjeta oko 20 milijuna stranih turista i devizni priliv od oko 200 milijuna dolara. Velik broj će biti motoriziranih turista. U novim kampovima bit će uređeno oko 22.000 mjesta. Novosagrađeni splitski aerodrom i nova pruga Sarajevo—Ploče olakšat će turistički promet.

VAKUUM U IZGRADNJI STANOVA U OSJEČKOM KOTARU

Nestajanje općinskih fondova za stambenu izgradnju i decentralizacija sredstava po poduzećima zatekli su nespremne mnoga građevinska poduzeća na području Slavonije, Baranje i Srijema. Zbog toga je nastao vakuum u izgradnji stanova na području Osječkog kotara, a već ih je potkraj 1966. na području Osijeka nedostajalo oko 8.500, Sl. Broda 2.300, Vukovara 3,800, itd. Ukupno u ovom kotaru je potrebno preko 20.000 stanova.

Na jednom nedavnom savjetovanju u Osijeku rečeno je, da se građevinska poduzeća nisu snašla u novim uvjetima privređivanja, jer nisu pronašla način i mogućnosti izgradnje stanova za tržište i ujedinjavanje decentraliziranih sredstava općinskih fondova po privrednim organizacijama. Spomenut je na tom savjetovanju primjer građevinske operative u komuni Sl. Brod. Iako se u banci nalaze neutrošena sredstva za kreditiranje stambene izgradnje, tamošnje građevno poduzeće »Izgradnja« (sa 520 radnika) mora u likvidaciju. Naglašeno je, da bi trebalo doći do integracije relativno malih građevnih poduzeća u ovom kotaru radi njihova jačanja i modernizacije. S poduzećima kakova su danas ne može se uspješno rješavati stambeno pitanje.

U HRVATSKOJ NEMA NEPOKRIVENIH INVESTICIJA

U prošloj, 1966, godini privreda je u Hrvatskoj imala najveći utjecaj na investiciona ulaganja; ona je sudjelovala sa oko 80% u ukupnoj vrijednosti investicija. Ta pozitivna kretanja nastavljaju se i u 1967. godini. Nema nepokrivenih investicija, a znatno se više ulagalo u modernizaciju postojećih negoli u izgradnju novih tvornica. U privredi su praktično osigurana sredstva za sve investicione programe. No, zapaženo je da nema dovoljno inicijative da više tvornica zajedno ulažu sredstva, ili da to čine čitave grane privrede. Stručnjaci su mišljenja da je jedan od glavnih razloga u tome što ne postoji propis koji bi regulirao odnose i prava poduzeća u raspodjeli dohodaka iz sredstava koja bi se zajednički uložila. Grupa građevinskih organizacija u Hrvatskoj, na primjer, čeka taj propis i već priprema osnivanje zajedničkog udruženja koje bi, u aranžmanu sa stranim firmama, ulagalo u turističku privredu.

AKTIVNOST VOJNOG GRAĐEVINARSTVA

Potkraj prošle godine vojni građevinari su proslavili dvadesetpetgodišnjicu revolucije, ali na poseban način: okupili su se u Beogradu i dva dana raspravljali o veoma interesantnim temama, »stan« i »kasarna«. Manje se govorilo o uspjesima, a više o budućim zadacima.

Načelnik Građevinske uprave DSNO, general-potpukovnik Đuro Matić, iznio je predstavnicima štampe niz interesantnih podataka i informacija. Vojno građevinarstvo se razvijalo kao i naša Armija. Računa se da je počelo još s prvim partizanskim akcijama, a već 1943. u pojedinim oslobođenim oblastima postojale su građevinske jedinice.

Poslije rata, građevinci su imali tri zadatka. Prvi, da u ratom razrušenoj zemlji, u razrušenim starim kasarnama, stvore uvjete za smještaj Armije. Drugi, da izgrade vojnu industriju, koja sada ne radi samo za vojne potrebe. A od prije petnaest godina radi se na trećem zadatku: podizanju životnog standarda vojnika i starješina, na podizanju raznih vojnih objekata, kasarnskih krugova (mnoge kasarne podsjećaju na prava moderna naselja), na podizanju skladišta, stanova, itd.

Ako bi se na jednom mjestu koncentriralo sve što je vojno građevinarstvo izgradilo, onda bi mogle da se stvore četiri Ljubljane sa svim mogućim pratećim objektima. Izgrađeni su potpuno novi gradovi: Novi Travnik, Lički Osik, Vogošća, Hrasnica, zatim nova naselja: Grbavica (Sarajevo), Turnić (Rijeka), Bol (Split), Siget (Zagreb). Djelo vojnog građevinarstva su i dijelovi Novog Beograda.

Poduzeća vojnog građevinarstva, devet građevnih i dva instaterska, radila su mnoge poslove i u inozemstvu: u Zambiji, Gvineji, Etiopiji, Libanu, Libiji, Siriji, Čehoslovačkoj i još nekim zemljama.

Perspektiva razvoja poduzeća vojnog građevinarstva u odnosu na primjenu novih privrednih mjera leži u neophodnoj užoj specijalizaciji pojedinih poduzeća.

Promjene u armijskoj tehnici i koncepciji imaju za posljedicu i promjene u vojnom građevinarstvu. Zato su izrađeni razni montažno-demontažni objekti, koji se mogu brzo postaviti na raznim mjestima i u kratkom roku. Radi se i na tipizaciji ne samo vojnih objekata, već i dijelova za vojne objekte.

IZGRADNJA ZAJEDNIČKOG SISTEMA ODBRANE OD POPLAVE PODRUČJA ZAGREB, SISAK I KARLOVAC

Nedavna stihija vode Save i Kupe i njihovih pritoka (potkraj 1966.) nije nanijela katastrofalne štete privredi Hrvatske, ali je još jednom upozorila, i to veoma ozbiljno, na veliku opasnost koju te rijeke predstavljaju za istaknute industrijske centre: Zagreb, Sisak i Karlovac.

Predstavnici ovih područja i Republičkog sekretarijata za vodoprivredu izjavili su da tehnička rješenja postoje i da su privredne organizacije i komune tih područja spremne da ulože značajan dio vlastitih sredstava za ostvarenje tih rješenja za izgradnju efikasnog sistema odbrane od poplave. Taj projekt trebalo bi da uđe u sastav srednjoročnog plana do 1970. Stručnjaci smatraju da je rješenje trougla Zagreb—Sisak—Karlovac sastavni dio programa za regulaciju rijeke Save, a za to je zainteresiran i Specijalni fond UON.

Ove će rijeke još godinama ugrožavati stanovništvo, industriju i poljoprivredna dobra, sve dok se ne izgradi zajednički sistem odbrane. Za ostvarenje tog projekta trebalo bi oko 660 milijuna novih dinara. Hrvatska je, međutim, jedina naša republika, koja će novac od poreza na promet u trgovini na malo upotrijebiti za gradnju nasipa i zaštitnih objekata.

»INTERPLET« GRADI SEDAM HOTELA

Zagrebačko poslovno udruženje »Interplet« investitor je izgradnje novih hotelskih objekata u raznim krajevima naše zemlje. Pored niza turističkih objekata koji se već grade na jadranskom i drugim turističkim područjima, u ovoj, 1967, godini sagradit će se i jedan hotel »A« kategorije u Makarskoj, zatim hoteli »B« kategorije u Šivogoždu i Igranima (makarska rivijera), Njivicama na otoku Krku, Zagrebu, Novoj Gradiški i Požarevcu. Svih ovih 7 hotela imat će oko 2000 ležajeva.

U udruženje »Interplet« učlanjeno je oko stotinu privrednih organizacija iz cijele Jugoslavije. Osniva se i jedno novo poduzeće koje će se baviti turističko-ugostiteljskom djelatnošću i razvojem svih oblika turizma. Novo će poduzeće poslovati u okviru udruženja »Interplet«, a nosit će ime »Domus-turist«.

OČEKUJE SE SMANJENJE DRUŠTVENE STAMBENE IZGRADNJE

Prvi rezultati reforme u stambenoj privredi postali su veoma uočljivi. Ove i slijedećih godina očekuje se manja stambena izgradnja. Očitovali su se energični zahtijevi da se grade skromni stanovi.

Prema poluslužbenim procjenama u SFRJ je u 1966. završeno u društvenoj izgradnji 47.000 stanova, što je svega 2400 više nego u 1965. Ta je ocjena sadržana u nedavnoj informaciji Saveznog zavoda za urbanizam, komunalna i stambena pitanja.

Činjenica je, da je kod nas uvedena praksa, da se uglavnom grade stanovi višeg standarda, koji su većini kupaca nepristupačni. U društvu koje prihvaća i favorizira razlike u osobnim dohocima prema rezultatima rada, mora da postoji i širi izbor raznih vrsta stanova po vrijednosti. U 1967. počinju da djeluju okolnosti koje će presudno utjecati na buduću strukturu i opseg stambene izgradnje. Jedna od njih je povećanje stanarine za 25%, da bi se do 1970. udvostručila. Izdaci za stanovanje znatno će porasti u kućnom budžetu, i jedna prosječna zarada neće moći da izdrži stan visokog komfora.

Svi su izgledi da će uskoro biti i oštrijih dijaloga između onih koji utiču, ili bi trebalo da utiču, na stambenu izgradnju. Naime, česta su mišljenja da su na izgradnju stanova gotovo isključivo utjecali urbanisti, a ne proizvođači stanova, kupci i banke. Sada sve više prevladava uvjerenje da se s prvim rezultatima stambene reforme stvaraju uvjeti da između ovih činilaca dođe do suprotstavljanja različitih gledišta. Sigurno je da proizvođači i kupci stanova neće više lako prihvaćati samo terene i uvjete koje je odredila urbanistička služba, već će insistirati na terenima i planovima koje diktira ekonomska logika.

U nekoliko redaka ...

BJELOVAR. Jedan komunalni dinar iz Općinskog fonda za izgradnju cesta vrijedi četiri puta više nego dinar na drugom mjestu. Naime, na jedan dinar iz fonda »naljepljuju se« gotovo još tri: dva i po sa sela od doprinosa zainteresiranih građana i od vrijednosti njihova fizičkog rada, a pola dinara iz radnih organizacija kojima je od interesa da se grade ceste. Sa 723.966 novih dinara iz Fonda sagrađeno je 1966. oko 20 km tvrdih cesta koje povezuju 34 sela. Vrijednost radova iznosi 2,695.000 novih dinara.

VLASENICA. U saobraćaju je suvremena cesta Kladanj—Vlasenica, duga 29 km. Cestu je izgradila Armija. Tom cestom skraćena je veza Beograd—Sarajevo za 30 km.

PEĆ. Ovdje se ističe, da treba preispitati korisnost izmjene usvojenog pravca Jadranske magistrale preko Rožaja i Kosovske Mitrovice, na pravcu Ivangrad—Peć—Priština. Ovu su ideju podržali i predsjednici 12 općinskih skupština Metohije i dijela Crne Gore, kao i poslanici ovih krajeva.

ZRENJANIN. U prometu je novosagrađeni cestovni most preko rijeke Begej, koji je u sastavu cestovne magistrale Beograd—Kikinda.

BEOGRAD. Ing. Ilija Stojadinović okupiran je projektiranjem mostova. Njegovo zaposlenje u beogradskom preduzeću »Mostogradnja« omogućilo mu je da je tvorac lijepih mostova na Jadranskoj magistrali. Projektirao je tri mosta od prednapregnutog betona montažne konstrukcije od Solina do Splita, te most preko Krke kod Šibenika, za koji je dobio Oktobarsku nagradu grada Beograda za 1966. godinu.

ČAČAK. Preduzeće »Hidrogradnja« se posljednjih godina, nakon završenih dugogodišnjih radova na hidrogradnjama, posvetilo stambenoj izgradnji u Čačku i užoj Srbiji, i to montažnih objekata. Od 1962. izgradilo je 4000 takvih stanova.

POREČ. Na poluotoku Zelena laguna sagradit će se nekoliko hotela B kategorije. Do glavne sezone Poreč će dobiti 2500 novih ležaja.

ULCINJ. Prema ugovoru koji je sklopljen s Udruženjem građevinskih preduzeća »Zapadna Srbija« u toku 1967 i 1968. sagradit će se u Ulcinju 4 velika moderna hotela. U vezi daljnje turističke izgradnje u Ulcinju i njegovoj neposrednoj okolici, postavilo se i pitanje modernizacije ceste Bar—Ulcinj, kao ogranka Jadranske magistrale koja je dospjela do Bara, a nužno je s njom povezati i Ulcinj.

BEOGRAD. Kolektiv »Energoprojekta«, proslavio je petnaestgodišnjicu rada. Ovaj radni kolektiv sačinjava oko hiljadu ljudi, među kojima je najviše inženjera i tehničara. Energoprojekt je za proteklih 15 godina projektirao i izgradio više od 60 hidroelektrana i 25 termoelektrana, zatim je izradio više od 50 industrijskih postrojenja, 100 javnih zgrada, preko 20.000 stanova, itd. Velik broj radova izveden je u inostranstvu, posebno u Africi i Aziji. Ukupna vrijednost svih projekata i radova na izgradnji iznosi više od 900 milijardi starih dinara u zemlji i preko 100 milijuna dolara u inostranstvu.

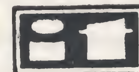
ZADAR. Izgradnja željezničke pruge Benkovac—Zadar nalazi se pri završetku. Obavljaju se posljednji radovi. Putnički saobraćaj do stanice Bibinj — četiri kilometra pred Jadranom — imao bi biti otvoren najdalje do 1. 3., a do kraja maja cijela pruga Knin—Zadar bit će puštena u promet.

BEOGRAD. Predstavnici svih jugoslavenskih tvornica cementa usvojili su prijedlog da se cijene cementa u 1967. slobodno formiraju. Predviđa se da bi to trebalo znatno poboljšati položaj ove industrijske grane i omogućiti proširenje kapaciteta i povećanje proizvodnje u narednim godinama.

ZAGREB. Predsjednik brazilske državne kompanije »CEEE« posjetio je potkraj 1966. zagrebačko udruženje »INGRA« u svrhu razgovora oko preuzimanja poslova na izgradnji jedne hidroelektrane i jedne termoelektrane u brazilskoj državi Rio Grande do Sul. Izgleda da će do realizacije ovog novog inozemnog posla doći u toku ove godine.

BEOGRAD. Vlada Liberije izrazila je zainteresiranost da jugoslavenska poduzeća izgrade luku u Kap Palmasu i nekoliko drugih objekata u Liberiji. Jugoslavenska vlada je spremna da odobri Liberiji novi kredit u te svrhe. R. P.

Iz Saveza građevnih inženjera i tehničara Hrvatske



CONSTRUCTA II — HANOVER 1967
Milan Jančiković, Zagreb

Od 21 do 29. siječnja 1967. održana je u Hannoveru međunarodna izložba građevinarstva.

Hannover je glavni grad savezne pokrajine Donja Saksonija, broji danas 580.000 stanovnika, sjedište je pokrajinske vlade, kulturni, trgovački i industrijski centar, sjedište poznate Visoke tehničke škole i najvećeg industrijskog sajma u Evropi — Hannover-Industrie Messe.

Tokom II svjetskog rata grad je skoro potpuno sravnjen sa zemljom i danas — nakon dvije decenije — formalno je iz pepela iznikao potpuno novi i suvremeni grad, nazvan »velegrad u zelenilu«, (sl. 1: Gradska vijećnica, sl. 2: pogled na velesajam).

Izložba građevinarstva održana je na dijelu ogromnog areala velesajma, koji pokriva površinu od 900.000 m² (Zagrebački velesajam ima površinu od 420.000 m²) sl. 3. Specifičnost ove izložbe bila je, što su eksponati prikazani po funkciji, tj. kako građevni materijal i elementi sudjeluju u fazama građenja. Autor ovog originalnog načina prikazivanja je dipl. ing. Erich Stürzenacker iz Hannovera.

Ovu izložbu građevinarstva pripremio je međunarodni odbor građevnih stručnjaka iz SR Njemačke, Francuske, Turske, Luksemburga, Austrije, Čehoslovačke, Španije, Finske, Švedske, Norveške, Italije, Poljske, Velike Britanije, Irske i Jugoslavije. Naši predstavnici u ovom odboru bili su Ing. Dragaš Kalafatović iz Jugoslavenskog građevinskog centra u Beogradu i Franc Rupert iz Gradbenog centra Slovenije u Ljubljani.

Svoje proizvode građevnih materijala, elemenata i uređaja prikazalo je 550 tvornica iz 13 zemalja Evrope i prekomorskih zemalja.

U okviru izložbe organiziran je i međunarodni kongres, u posebnoj zgradi (sl. 4), o raznim problemima suvremenog građevinarstva i urbanizma, na



Sl. 1



Sl. 2

kojem su istaknuti stručnjaci iz cijelog svijeta iznijeli svoje referate, od kojih spominjemo:

— Savjetovanje o primjeni čeličnih konstrukcija u zgradarstvu

— Filozofija i realnost stambene izgradnje i urbanizma

— Čovjek i stan — kuća i kućna tehnika danas i sutra

— Montažno-industrijsko građenje

— Drvo u građevinarstvu

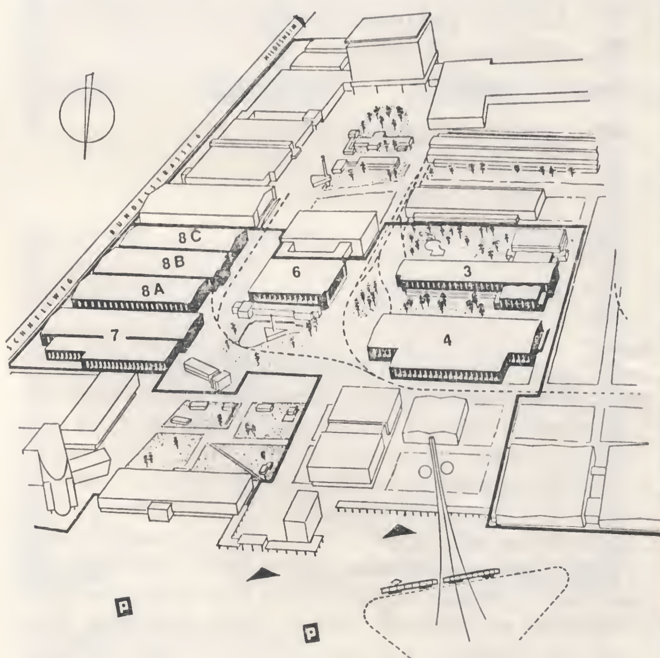
— Aluminij u građevinarstvu.

Svi referati i diskusije su simultano iznošeni na njemačkom, engleskom i francuskom jeziku i popraćeni dokumentarnim filmovima.

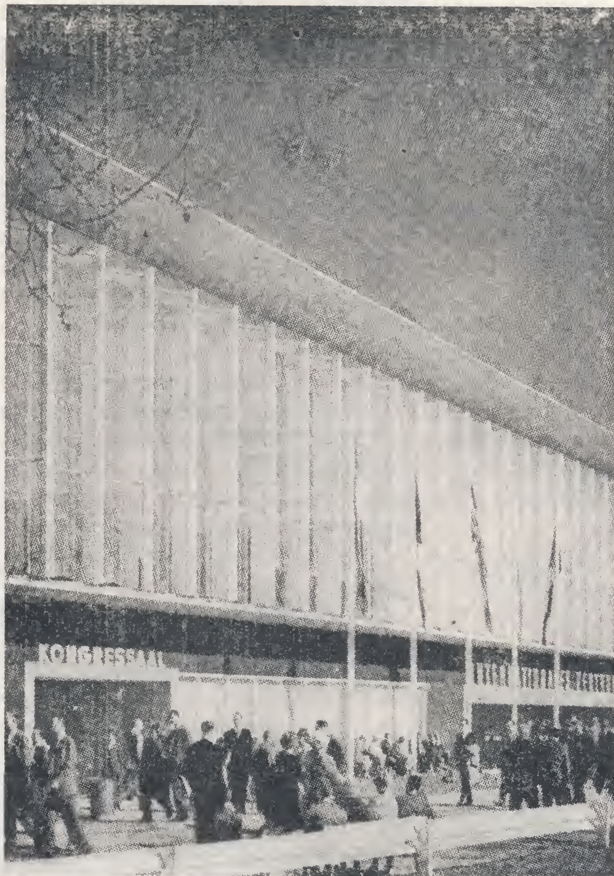
Izložbu Constructa posjetilo je iz SR Hrvatske 80 inženjera i tehničara u organizaciji Saveza građevnih inženjera i tehničara Hrvatske i poduzeća »Atlas« iz Zagreba.

Prostor časopisa ne omogućuje opširniji opis eksponata a ni sadržaja referata. Želimo posebno istaći nagli razvoj »kućne tehnike« i neobično veliki asortiman proizvoda i opreme koji ovu tako apostrofiranu granu suvremenog stanovanja čine.

Nagli razvoj »kućne tehnike« posljedica je stanja i položaja domaćice, radne žene i majke u suvremenom društvu. Takvoj ženi današnjice treba upravo kućna tehnika zamijeniti ranije postojanje kućne posluge i obilnog vremena, koje je stajalo na raspolaganju za obavljanje domaćinskih poslova. Dakle svi napori u razvoju kućne tehnike nisu drugo nego težnja za racionalizacijom rada i vremena uz smanjenje živog rada, tj. prijelaz na mehanizaciju i automatizaciju kućanskih poslova.



Sl. 3



Sl. 4

Tematski i funkcionalno izložba je prikazana po ovoj shemi (sl. 5):



Sl. 5 a—e

Tako npr. u SR Njemačkoj od ukupnog broja domaćinstava već 50% ima stroj za automatsko pranje rublja, 80% ima usisače sa raznolikim priborom za sve vrste čišćenja stana, 75% ima frižidere, 25% automatske strojeve za pranje posuđa, 80% električne ili plinske štednjake sa pećnicom itd, a da ne spominjemo potpuni preobražaj kuhinje.

A. Osnovni građevni radovi

1. Temeljenje
2. Zidovi
3. Nosači
4. Stropovi
5. Krovne konstrukcije i pokrivke
6. Prefabricirane konstrukcije
7. Stubišta
8. Dimnjaci

B. Montažno građenje

1. Jednoobiteljske montažne kuće
2. Montažne stambene zgrade
3. Montažne industrijske zgrade
4. Ostale montažne zgrade
5. Serijski građevni elementi

C. Završni radovi

1. Fasade
2. Zaštita površina
3. Laki zidovi i zidni elementi
4. Oblaganje unutrašnjih i stropnih površina
5. Toplotna i zvučna izolacija
6. Podovi
7. Prozori i vrata
8. Elementi stubišta
9. Okovi i brave

D. Kućna tehnika

1. Sanitarni uređaji
2. Instalacije vode i plina
3. Elektroinstalacije
4. Loženje, provjetravanje i klimatizacija
5. Odvoz smeća
6. Rasvjeta
7. Liftovi i pokretne stepenice
8. Odbrana od požara

E. Vanjski i priključni uređaji

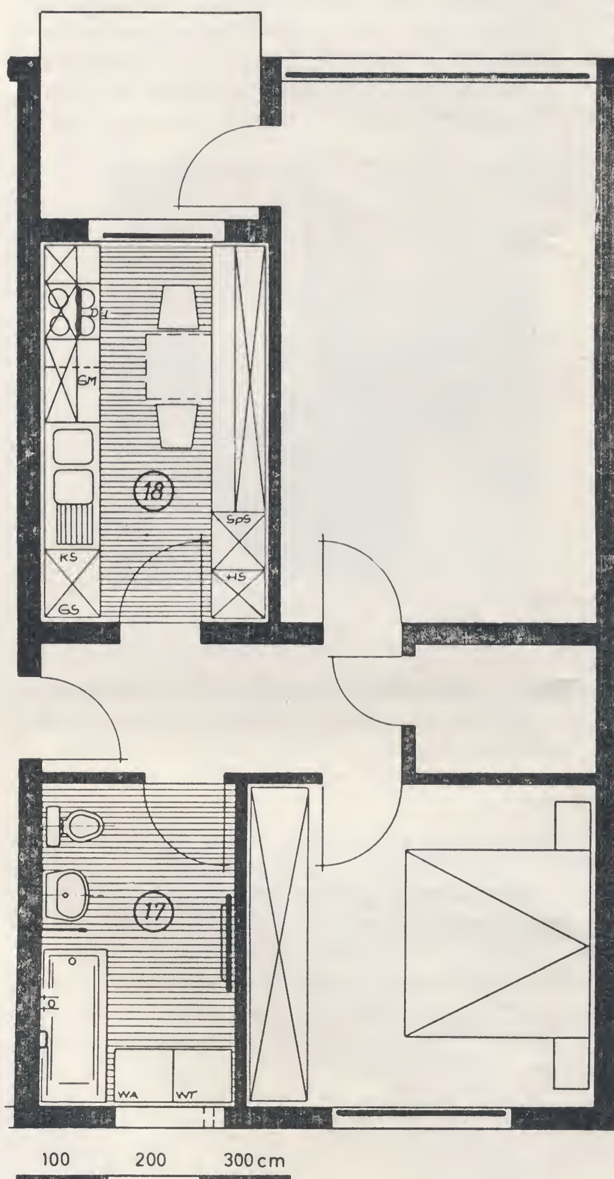
1. Ograde i kapije
2. Bazeni i ukrasni bunari
3. Terase i igrališta
4. Garaže i vrtovi
5. Vanjska rasvjeta.

Jedan primjer tih studioznih nastojanja prikazan je na tlocrtu jednog dvosobnog stana od 63 m², namijenjen starijoj obitelji od 2 člana (sl. 6) po prijedlogu radne grupe DAI, BDA i BDB. Stan sadrži kuhinju, dnevni boravak, balkon, ostavu, spavaću sobu i kupaonicu. U kupaonici (17) pored ležeće kade nalazi se umivaonik i WC, stroj za pranje rublja (WA) i stroj za sušenje rublja (WT). Kuhinja (18) odgovara propisima DIN 18022. Na »mokrom« zidu smješteni su štednjak, manja radna površina, a ispod nje automat za pranje posuđa, dvojni sudoper, frižider (KS) i hladnjak za duboko smrzavanje (GS).

Na suprotnom zidu je visoki ormar (HS) ,ormar za hranu (SpS), velika radna površina i ormari na zidu. U sredini radne površine je stol za izvlačenje. Posebna pažnja poklanja se zvučnoj izolaciji prema DIN 4109 kod svih strojeva i automata, po kom propisu jačina zvuka u stambenim prostorijama ne smije preći 30 fona, izuzetno kod strojeva koji rade samo od 7—22 h do 40 fona.

Primjer prefabriciranog zida mokrog čvora, koji raznim izolacionim materijalima može udovoljiti ovim propisima pokazuje sl. 7, a sl. 8 prikazuje utišač zvuka kod vodovodnih instalacija.

Od mnogobrojnih referata koji su na kongresu u raznim sekcijama iznijeti, prikazat ćemo izvodno samo referat prof. dr ing. Wolfganga Triebela, direktora Instituta za unapređenje građevinarstva



Sl. 6

na Visokoj tehničkoj školi u Hannoveru — dobro poznatog našoj stručnoj javnosti zbog uske suradnje sa našim institutima i zavodima građvinarstva. Naslov referata glasio je »Građenje sa prefabrikatima-postupci, dostignuća i zadaci«. Sadržaj je ovaj:

»U prvom redu potrebno je dobiti jasnu sliku o postojećim postupcima, područjima njihove primjene i preduvjetima za njihov uspjeh. Građenje prefabrikatima razlikuje se od ostalih načina, koji također teže racionalizaciji,u tome što se građevinski radovi izvode na stacionarnim, za duže vremena pripremljenim gradilištima, nasuprot starom načinu — podložnom stalnim promjenama i uz upotrebu improviziranih sredstava.

Po za sada pretežnom postupku stvara se građevine od raznolikih rasutih i maloformatnih građevnih materijala. Naprotiv, kod građenja sa prefabrikatima pretvaranje rasutih materijala obavlja se do finalnog građevnog elementa u stacionarnim postrojenjima. Treba da postoje slijedeći preduvjeti ako se želi s uspjehom primijeniti građenje prefabrikatima:

— mora se postići ušteda u radnoj snazi,

— mora se raspolagati dovoljnim financijskim sredstvima za nabavku kompletnog postrojenja za proizvodnju prefabrikata,

— moraju biti osigurani uvjeti za velikoserijsku proizvodnju istih elemenata.

Iz mnogobrojnih materijala koji se prerađuju u prefabrikate, iz raznolikih formata — od najmanjeg koji se ručno ugrađuje do »prostornih ćelija«, iz raznih stupnjeva primjene totalne prefabrikacije ili parcijalne, razvila su se pretežno četiri načina primjene:

— građenje jednoobiteljskih kuća u jednoj ili dvije etaže sa prefabriciranim elementima na bazi drveta ili umjetnih materijala na bazi drveta, koji se mogu izrađivati već u manjim radionicama ili tvornicama srednje veličine,

— građenje kuća svake veličine u više etaža sa velikim oblicima prefabrikata iz mineralnih sirovina (beton, pjenobeton, opeka i dr.), koji se izrađuju u stacionarnim postrojenjima — tvornicama, i

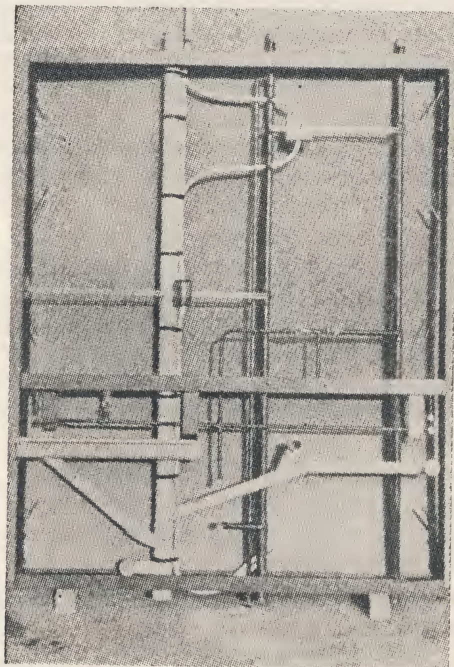
— građenje kuća istog tipa kao prethodnih, ali sa velikoformatnim prefabriciranim dijelovima, izgrađenim na gradilištu u privremenim postrojenjima (poligoni način).

Svaki od ovih načina primjene ima svojih prednosti, ali i tačno određene granice. Te načine primjene treba odvojeno posmatrati, ako se žele izbjeći lutanje i zabune, koje već postoje.

Ako se primijeni svrsishodan način pod povoljnim preduvjetima, postiže se kratko trajanje građenja uz malu upotrebu živog rada.

Po jednom dobro uhodanom postupku postiglo se npr. na gradilištu od 50 stanova u više etaža vrijeme od početka građenja do useljenja, od 22 tjedna. Od toga je čista montaža zidova, stropova, stubišta, trajala samo 6 tjedana, dok je ostatak vremena utrošen na zemljane radove i temeljenje i nakon montaže za završne obrtničke radove.

Za građenje po tradicionalnom načinu potrebno je još uvijek oko 30 radnih sati za m² stambene površine. Uz primjenu svih mjera racionalizacije može se postići i do 20 radnih sati po m² stambene površine. Međutim, primjenom građenja sa prefabrikatima danas se postiže već 8 radnih sati za m² stambene površine, od čega na čistu montažu otpada svega 2 radna sata, a ostatak na pripremne i završne radove. Tome treba dodati još radne sate za proizvodnju prefabrikata u tvornici.

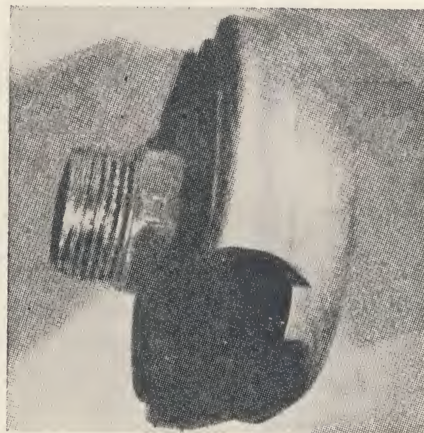


Sl. 7

Za građenje prefabrikatima važi, kao za sve ostale načine građenja, činjenica da izbor materijala i postupci pri građenju imaju samo ograničeni utjecaj na visinu troškova i ekonomičnost građenja. Naprotiv, za visinu troškova građenja je važnije da koordinacija raznih sudionika pri građenju funkcionira besprijekorno i da se radovi izvode kontinuirano. Ako se sa prefabrikatima želi ekonomično graditi, treba se voditi računa o njihovim posebnostima. Ne smije se popustiti onim nastojanjima, koja mjerama za uređenje zemljišta i pripremnih radova, te oblikovanja zgrade, žele podčiniti mjere za povećanjem produktivnosti, transporta i montaže. Prvenstveno treba tako planirati, da se ispune fizičke, psihičke i ekonomske potrebe čovjeka. Korisno je za racionalizaciju proizvodnje da se u montažnim tvornicama izrađuje po mogućnosti što manji broj tipova i vrsti prefabriciranih elemenata. S druge strane potrebe i zahtjevi stanova teže za što većim izborom stanova i raznolikosti oblika zgrade. Ovim suprotnim zahtjevima može se udovoljiti ako se ustanove one dimenzije i elementi, koji se u dobro riješenim stanovima i zgradama u arhitektonskom, tehničkom i funkcionalnom smislu uvijek ponavljaju, bez obzira na njihovu vrstu i veličinu.

Kod tvorničke proizvodnje stanova važno je načelo velike serije i što manjeg broja vrsta i tipova elemenata. U tim slučajevima proizvođači imaju bolje izgleda za većom potražnjom, odnosno narudžbama.

Usklađivanje između potreba pojedinca i grupe i usmjeravanje na montažno građenje je preduvjet za njegovu masovnu primjenu. Koordinacija svih sudionika, međutim, je preduvjet, da se racionalno gradi — bez obzira koji se način primjenjuje. Pod takvim okolnostima ne može se montažno građenje prefabrikatima smatrati niti kao nagla i radikalna promjena cjelokupnog građevinarstva — kao što jedni misle, niti kao što drugi misle — samo novim postupkom u sistemima građenja. Montažno građenje prefabrikatima karakterizira —



Sl. 8

paralelno sa razvojem i u drugim proizvodnim granama — opći prelaz sa manuelnog na mehanizirani rad, sa proizvodnje na gradilištu na proizvodnju u tvornici, i sa pojedinačne proizvodnje na proizvodnju u seriji.«

Ovaj kratki prikaz izložbe »Constructa« i dijela referata iznijetih na savjetovanjima uz izložbu imao je cilj, da onim građevnim stručnjacima, koji nisu imali prilike posjetiti Hannover 1967, dade uvid i saznanje o potrebi posjećivanja ovakvih međunarodnih manifestacija građevinarstva, kojim se bez sumnje proširuje horizont znanja i ne zaostaje u praćenju dostignuća suvremenog građevinarstva.

